

**Untersuchungen zur zweiten Dentition bei 9- bis 15jährigen Kindern  
in Beziehung zu deren körperlicher Entwicklung**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Mike Porsche  
geboren am 31.07.1966 in Görlitz

Gutachter: 1. **Prof. Dr. U. Jaeger, Jena**

2. **Prof. Dr. G. Klinger, Jena**

3. **Prof. Dr. G. Hetzer, Dresden**

Tag der öffentlichen Verteidigung: **3. April 2001**

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Problemstellung	3
3. Literaturübersicht	5
3.1. Die zweite Dentition	5
3.2. Der Zusammenhang zwischen Dentitions geschehen und allgemeinen körperlichen Wachstumsprozessen	10
4. Material und Methode	15
4.1. Probanden	15
4.2. Methodik	16
4.3. Statistische Auswertungsverfahren	23
5. Ergebnisse	27
5.1. Der Durchbruch der Zähne der 2. Wechselgebißphase	27
5.1.1. Durchbruchszeiten	27
5.1.2. Durchbruchsreihenfolge	32
5.1.3. Eruptionskurven	37
5.1.4. Bestimmung des Zahnalters	41
5.2. Beziehungen zwischen Zahnalter und körperlicher Entwicklung	47
5.2.1. Körperhöhe und BMI	47
5.2.2. Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite	50
5.2.3. Jochbogenbreite, Unterkieferwinkelbreite, Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe	53
5.3. Der Einfluß des Zahnalters auf die körperliche Entwicklung	57

	Seite
6.	Diskussion 63
6.1.	Zahndurchbruch 63
6.1.1.	Eruptionstermine 63
6.1.2.	Vergleich der Durchbruchstermine mit anderen Untersuchungen 65
6.1.3.	Durchbruchsreihenfolge 70
6.1.4.	Eruptionskurven 72
6.1.5.	Zahnalter 75
6.1.6.	Die Phasen des Zahnwechsels 78
6.2.	Beziehungen zwischen Zahnalter und körperlicher Entwicklung 80
6.2.1.	Körperhöhe und BMI 80
6.2.2.	Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite 85
6.2.3.	Transversale und vertikale Gesichtsentwicklung 87
6.2.3.1.	Transversale Gesichtsentwicklung 89
6.2.3.2.	Vertikale Gesichtsentwicklung 90
7.	Zusammenfassung 95
8.	Literaturverzeichnis 101

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Darstellung des verwendeten Zahnschemas	18
Abb. 2: Darstellung einer interaktiven Wirkung von Gruppenzugehörigkeit und Geschlecht	26
Abb. 3: Mittlere Durchbruchzeiten der Zähne der 2.Wechselgebißphase – Oberkiefer –	29
Abb. 4: Mittlere Durchbruchzeiten der Zähne der 2.Wechselgebißphase – Unterkiefer –	30
Abb. 5: Häufigkeiten, mit denen die Zähne bzw. Zahnpaare der 2. Wechselgebißphase als erste durchbrechen – Jungen –	35
Abb. 6: Häufigkeiten, mit denen die Zähne bzw. Zahnpaare der 2. Wechselgebißphase als erste durchbrechen – Mädchen –	36
Abb. 7: Eruptionskurven der Eckzähne des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen	37
Abb. 8: Eruptionskurven der 1. Prämolaren des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen	38
Abb. 9: Eruptionskurven der 2. Prämolaren des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen	38
Abb. 10: Eruptionskurven der 2. Molaren des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen	38
Abb. 11: Zeitlicher Ablauf der zweiten Wechselgebißphase im Oberkiefer bei Jungen (links) und Mädchen (rechts)	40
Abb. 12: Zeitlicher Ablauf der zweiten Wechselgebißphase im Unterkiefer bei Jungen (links) und Mädchen (rechts)	40
Abb. 13: Der Median der Zahnzahl bei den Jenaer Kindern	43
Abb. 14: Der Median der Zahnzahl in den Zahnungsgruppen – Jungen –	45
Abb. 15: Der Median der Zahnzahl in den Zahnungsgruppen – Mädchen –	45
Abb. 16: Entwicklung der mittleren Körperhöhe der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	48
Abb. 17: Entwicklung des BMI-Mittelwertes der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	49

	Seite
Abb. 18: Entwicklung des mittleren Kopfumfangs der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	51
Abb. 19: Entwicklung der mittleren Kopflänge der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	51
Abb. 20: Entwicklung der mittleren Kopfbreite der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	51
Abb. 21: Entwicklung der mittleren Jochbogenbreite der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	54
Abb. 22: Entwicklung der mittleren Unterkieferwinkelbreite der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	54
Abb. 23: Entwicklung der mittleren Gesichtshöhe der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	54
Abb. 24: Entwicklung der mittleren Untergesichtshöhe der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand	55
Abb. 25: Abkürzungen der anthropologischen Maße	57
Abb. 26: Darstellung des durch die Gruppenzugehörigkeit erklärten Anteils der Gesamtvarianz der anthropologischen Maße	58
Abb. 27: Abweichung der Mittelwerte der Körperhöhe und des BMI in den einzelnen Dentitionsgruppen vom Gesamtmittelwert	59
Abb. 28: Abweichung der Mittelwerte des Kopfumfangs, der Kopfbreite und der Kopflänge in den einzelnen Dentitionsgruppen vom Gesamtmittelwert	59
Abb. 29: Abweichung der Mittelwerte der Jochbogenbreite, der Unterkiefer- winkelbreite, der Gesichtshöhe und der Untergesichtshöhe in den einzelnen Dentitionsgruppen vom Gesamtmittelwert	60
Abb. 30: Relative Abweichung der Mittelwerte der anthropologischen Maße in den einzelnen Dentitionsgruppen vom jeweiligen Gesamtmittelwert – Jungen –	61
Abb. 31: Relative Abweichung der Mittelwerte der anthropologischen Maße in den einzelnen Dentitionsgruppen vom jeweiligen Gesamtmittelwert – Mädchen –	62

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Anthropologische Kopf- und Körpermaße nach MARTIN und SALLER (1957)	16
Tab. 2: Mittlere Durchbruchszeiten der Zähne der 2. Wechselgebißphase – Jungen –	27
Tab. 3: Mittlere Durchbruchszeiten der Zähne der 2. Wechselgebißphase – Mädchen –	28
Tab. 4: Mittlere Durchbruchszeiten für gleiche Zahntypen je Kiefer	31
Tab. 5: Häufigkeiten unterschiedlicher Zahndurchbruchssequenzen	32
Tab. 6: Häufigkeiten der 4 Rangplätze in der Durchbruchsreihenfolge für die Zähne der 2. Wechselgebißphase	34
Tab. 7: Die mittlere Zahnzahl der Kinder aus dem Jenaer Stadtgebiet	41
Tab. 8: Gruppeneinteilung mittels der Anzahl der permanenten Zähne	44
Tab. 9: Signifikante Mittelwertunterschiede der Körperhöhe und des BMI zwischen den Dentitionsgruppen der Jungen	49
Tab. 10: Signifikante Mittelwertunterschiede der Körperhöhe und des BMI zwischen den Dentitionsgruppen der Mädchen	50
Tab. 11: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Kopfmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Jungen	52
Tab. 12: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Kopfmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Mädchen	53
Tab. 13: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Gesichtsmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Jungen	56
Tab. 14: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Gesichtsmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Mädchen	56
Tab. 15: Vergleich der Durchbruchszeiten anhand des arithmetischen Mittels	67
Tab. 16: Vergleich der Durchbruchszeiten anhand des Medians	68



## 1. Einleitung

Der Zahndurchbruch stellt ein wichtiges Ereignis in der Entwicklung des Kindes dar und ist sehr eng mit den Wachstumsvorgängen im Kopf- und Gesichtsbereich verknüpft. Zahnentwicklung, Kieferwachstum und Zahndurchbruch bilden dabei eine funktionelle Einheit, deren Dynamik wesentlich durch das Zusammenspiel genetischer und exogener Faktoren geprägt wird (HARZER und HETZER 1987). Das Wissen um die Variation der Chronologie des Zahndurchbruchs hat deshalb einen beträchtlichen wissenschaftlichen und klinisch-praktischen Wert. So ist die Bestimmung des günstigsten Zeitpunktes für kieferorthopädische Behandlungsmaßnahmen entscheidend vom Stand der Dentition und von der richtigen Einschätzung der Wachstumsbereitschaft des Kiefer-Gesichts-Komplexes abhängig.

Die Geschichte der Dentitionsforschungen geht bis in das 18. Jahrhundert zurück. Einen sehr umfassenden Überblick über die zahlreichen Untersuchungen zum Durchbruch der bleibenden Zähne geben SZYMANSKI und HIEKE (1981). Im Mittelpunkt der Forschungen stand dabei nicht nur der Zeitpunkt des Auftretens der Zähne in der kindlichen Mundhöhle. Es wurde zudem versucht, allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten über den Verlauf der Dentition und die Reihenfolge des Zahndurchbruchs aufzudecken. Dabei tauchte auch die Frage auf, in welchem Verhältnis der Zahnwechsel zum chronologischen Alter und zu zahlreichen anderen Reifezeichen des Kindes steht. Die Zahl von Untersuchungen, die sich dieser Fragestellung annehmen, ist allerdings gering und ihre Ergebnisse differieren zum Teil recht stark (SHUTTLEWORTH 1939, FILIPSSON und HALL 1976, FRITSCH 1975, TANGUAY et al. 1986, JAEGER 1990).

Beschleunigung oder Verzögerung im Ablauf des Zahnwechsels sind am besten mit systematischen Längsschnittuntersuchungen zu erkennen (JANSON 1970, HARZER und HETZER 1987). Auch von anthropologischer Seite wurde immer wieder auf die Notwendigkeit individueller Längsschnittbeobachtungen hingewiesen, um Kenntnisse über Wachstumsgeschwindigkeiten bezogen auf das Alter oder die Pubertätsentwicklung zu gewinnen (GRIMM 1978, JAEGER 1982, KROMEYER 1984, PRADER 1986).

Ab 1985 wurde durch Mitarbeiter des Institutes für Humangenetik und Anthropologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena eine solche anthropologische Längsschnittstudie an Jenaer Kindern über einen Zeitraum von insgesamt 14 Jahren durchgeführt.

Diese Studie nimmt in der über einhundertjährigen Tradition anthropologischer Untersuchungen an Schulkindern in Jena durch die Vielfalt der erhobenen anthropologischen Merkmale und zahnmedizinischen Befunde eine besonders zentrale Rolle ein. Ziel dieser Studie war es, neben der Erfassung der Wachstums- und Entwicklungsabläufe auch aktuelle Normwerte für die untersuchten morphologischen und metrischen Merkmale zu ermitteln und den Einfluß ausgewählter sozialer Faktoren auf die körperliche Entwicklung zu untersuchen (KROMEYER 1984).

Damit ist es möglich, unsere Kenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Dentition und das Zusammenwirken von Zahndurchbruch und körperlicher Entwicklung durch individuelle Beobachtungen über einen längeren Zeitraum einer kritischen Überprüfung zu unterziehen und gegebenenfalls zu aktualisieren.

## 2. Problemstellung

Bei bisherigen Untersuchungen zur Dentition und anderen biologischen Entwicklungskriterien handelt es sich in den meisten Fällen um Querschnittsuntersuchungen. Diese erlauben jedoch in der Regel nur die Aufstellung von Standardtabellen mit Mittel- oder Medianwert und dem dazugehörigen Streubereich (PRADER 1986). Präzise Aussagen zum individuellen Verlauf der Dentition sowie anderer Wachstums- und Reifungsprozesse sind dagegen anhand von Querschnittsstudien nicht ermittelbar. Antworten auf diese Fragen sind nur durch eine Längsschnittuntersuchung zu erhalten.

Mit der vorliegenden Arbeit sollen anhand der durch die Jenaer Längsschnittstudie gewonnenen Daten Aussagen zu folgenden 2 Problemstellungen gewonnen werden:

1. Geschlechtsspezifische Analyse des Zahnwechsels der 2. Dentition und Ermittlung aktueller Werte für den Zahndurchbruch während der zweiten Phase der 2. Dentition.
2. Betrachtung ausgewählter körperlicher Wachstumsvorgänge, ausgehend vom individuellen Stand der dentalen Entwicklung.

Dabei soll im Einzelnen folgenden Fragen nachgegangen werden:

ad 1)

- Die Durchbruchszeiten der Zähne der zweiten Wechselgeißperiode sollen für Jungen und Mädchen ermittelt werden, um die weitere Gültigkeit der bekannten Gesetzmäßigkeiten der Dentition zu überprüfen:

- Der Durchbruch der Zähne erfolgt bei den Mädchen früher als bei den Jungen.
- Zwischen jeweils rechter und linker Kieferhälfte bestehen sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer keine wesentlichen Unterschiede.
- Die Zähne des Unterkiefers brechen, mit Ausnahme der Prämolaren, vor denen des Oberkiefers durch.

Ein Vergleich mit Angaben aus der Literatur soll feststellen, ob Veränderungen im Sinne eines säkularen Trends zu beobachten sind.

- Die Analyse der Reihenfolge des Zahnwechsels im Seitenzahnbereich soll Auskunft geben, ob der Zahndurchbruch einen typischen Verlauf hat und in welchem Umfang Variationen dieses typischen Verlaufs feststellbar sind.
- Für jeden Zahn wird die prozentuale Durchbruchshäufigkeit berechnet und der zeitliche Verlauf des Durchbruchs anhand spezifischer Durchbruchskurven betrachtet.
- Anhand der Anzahl bereits durchgebrochener Zähne in einem bestimmten Alter der Kinder soll der zeitliche Ablauf der gesamten 2. Dentition und deren Gliederung in einzelne Phasen graphisch dargestellt und besprochen werden.
- Es soll eine aktualisierte, spezifisch für die Jenaer Kinder gültige Zahnaltertabelle erstellt werden, welche für Jungen und Mädchen die mittlere Anzahl bereits eruptierter bleibender Zähne zu bestimmten Alterszeitpunkten sowie die Schwankungsbreite der Mittelwerte angibt.
- Anhand dieser Zahnaltertabelle sollen die Jenaer Kinder in 3 Zahnungsgruppen (Früh-, Normal- und Spätzahner) eingeteilt werden. Die Methodik der Einteilung soll möglichst die Vergleichbarkeit weiterer Betrachtungen mit Angaben aus der Literatur ermöglichen.

ad 2)

Auf Grundlage der Einteilung der Kinder in Früh-, Normal- und Spätzahner, welche als Kennzeichen des individuellen Standes der dentalen Entwicklung herangezogen wird, soll die Entwicklung ausgewählter anthropologischer Merkmale analysiert und innerhalb entsprechender Altersklassen zwischen den Dentitionsgruppen verglichen werden. Dabei wird von der These ausgegangen, daß zwischen dem individuellen Stand der Dentition und der allgemeinen körperlichen Entwicklung sowie dem Wachstum im Kopf- und Gesichtsbereich ein Zusammenhang besteht.

In einer Varianzanalyse soll zum Abschluß der Arbeit versucht werden, für jedes Geschlecht den Einfluß der Zugehörigkeit zu einer der Dentitionsgruppen auf die Ausprägung der untersuchten anthropologischen Merkmale zu ermitteln und in gewichteten Mittelwertabweichungen für jede Dentitionsgruppe auszudrücken. Mittels der Varianzanalyse ist es dabei möglich, die altersgemäße Entwicklung der Merkmale aus der Betrachtung auszuschließen.

### 3. Literaturübersicht

In einem kurzen Literaturüberblick sollen der aktuelle Stand der Dentitionsforschungen und die Ergebnisse jüngerer anthropologischer Untersuchungen zum Verhältnis zwischen der Dentition und den allgemeinen Entwicklungsvorgängen des Menschen umrissen werden.

#### 3.1. Die zweite Dentition

Die Dentition der menschlichen Zähne stellt einen Entwicklungskomplex dar, der in vielfältiger Weise durch verschiedenste endogene und exogene Faktoren gesteuert und moduliert wird (SCHUMACHER und SCHMIDT 1982). Auch auf allgemeine und lokale Faktoren, die Einfluß auf den Ablauf der Dentition nehmen, wird immer wieder hingewiesen.

Die Ära systematischer Dentitionsforschungen wird 1909 von Röse eingeleitet, der in seinen äußerst umfangreichen Untersuchungen erstmals das arithmetische Mittel zur Beschreibung der Durchbruchzeiten der Zähne verwendet. Er gibt in erster Linie Rasseneinflüsse als Ursache der festgestellten Unterschiede an (RÖSE 1909). SCHOUR und MASSLER (1941) weisen auf den Einfluß von Rasse und Ernährung auf den Ablauf der Dentition hin. TANNER (1962) und HELLMAN (1943) sehen ebenfalls Rassenunterschiede bei der Entwicklung des bleibenden Gebisses. TANNER (1962) erwähnt, daß bei farbigen Kindern Afrikas trotz vermutlich schlechterer Lebensbedingungen der Zahndurchbruch früher erfolgt als bei weißen Kindern. Eine diesbezüglich interessante Untersuchung wurde von MAKI et al. (1999) durchgeführt. Sie verglichen das Zahnalter von chinesischen, japanischen und weißen amerikanischen Kindern, die alle in San Francisco leben. Dabei stellten sie für die weißen amerikanischen Kinder ein signifikant höheres Zahnalter fest und sehen damit den Einfluß der Rassenzugehörigkeit als erwiesen an.

Der Grad der Beeinflussung der Dentition durch die Ernährung und die soziale Stellung erfährt keine eindeutige Bewertung. Unterschiede zwischen sozial bessergestellten bzw. besser ernährten und anderen Kindern im Sinne einer Beschleunigung der Dentition bei ersteren werden überwiegend in älteren Arbeiten (BAUER 1927, GARN et al. 1960) bzw. Untersuchungen an Kindern der Dritten Welt (FLESHMAN 2000) erörtert. Neuere Untersuchungen begrenzen den Einfluß der Ernährung jedoch auf ein sehr geringes und statistisch nicht nachweisbares Maß (DEMIRJIAN 1986).

Eine allgemeine Bestätigung findet sich in der Literatur für die endokrine Beeinflussung der Dentition durch das Wirken der Wachstums- und Reifungshormone. SCHUMACHER und SCHMIDT (1982) nennen die Hormone der Hypophyse, der Schilddrüse, der Epithelkörperchen sowie der Nebennierenrinde. Nach SALZMANN (1954) führt Hyperthyreoidismus zu einer Beschleunigung der knöchernen und dentalen Entwicklung. Eine retardierte Skelett- und Gebißentwicklung beschreibt BIERICH (1971) bei Insuffizienz der Adenohypophyse. CANTU et al. (1997) finden bei Kindern mit einem idiopathischen Wachstumshormonmangel einen durchschnittlichen Rückstand im Zahnalter von nur 0,8 Jahren. VALLEJO-BOLANOS et al. (1999) bestätigen dies und geben einen signifikanten Rückstand von 0,92 Jahren an. Auch die Untersuchungen von FLEISCHER-PETERS und ZIEGLER (1983) an Patienten mit hypophysärem Minderwuchs ergeben für die Zahnentwicklung die geringste Retardierung.

Nach PLATHNER (1968) führen Vitaminmangelerscheinungen (Vitamin A- bzw. Vitamin C-Mangel) zu Durchbruchverzögerungen. Für die als Rachitis bekannte Vitamin C-Hypovitaminose bestätigt BAUER (1927) diese Feststellungen.

Unbestritten ist der starke genetische Einfluß auf die Dentition (TANNER 1962, MURETIC et al. 1987, DUTERLOO 1992). Nach GARN et al. (1965b) ist der Zahn vor allem in seiner Größe und Form genetisch determiniert. Sie betonen dabei die Bedeutung X-chromosomaler Gene. Diese Ansicht wurde von ALVESALO und PORTIN (1980), ALVESALO und TAMMASILO (1981) sowie ALVESALO (1997) jedoch widerlegt. Letzterer führte zahlreiche Untersuchungen an Individuen mit verschiedenen Anomalien der Geschlechtschromosomen und deren gesunden Geschwistern durch. Dabei stellte er unterschiedliche Effekte von X- und Y-chromosomalen Genen fest. Während Y-chromosomale Gene die Bildung sowohl des Zahnschmelzes als auch des Dentins steuern, scheint X-chromosomalen Genen lediglich bei der Schmelzbildung eine Funktion zuzukommen. KOTILAINEN und PIRINEN (1999) stellen bei Jungen mit Martin-Bell-Syndrom (Syndrom des fragilen X-Chromosoms) eine Beschleunigung der dentalen Entwicklung fest. Dieser Effekt zeigte sich ebenfalls bei weiblichen Konduktorinnen. Große Verdienste kommen in diesem Zusammenhang der Zwillingsforschung zu. Sie eignet sich sehr gut zur Bestimmung des genetischen Anteils der phänotypischen Varianz eines Merkmals. HARZER und ULLMANN (1990) stellen bei ihren Untersuchungen an ein- und zweieiigen Zwillingen eine hohe genetische Fixierung der Odontogenese und der Zahnbogenmaße fest.

HARZER (1987) findet einen hohen genetischen Anteil an der Variation des mesio-distalen Kronendurchmessers. Dieser genetische Einfluß nimmt im Unterkiefer, nicht jedoch im Oberkiefer, von den Schneidezähnen zu den Prämolaren hin ab. Nach Addition der Kronendurchmesser zeigte sich ein Anstieg rechnerisch ermittelter Vererbungsindices, den der Autor auf genetisch gesteuerte kompensatorische Wechselbeziehungen zwischen benachbarten Zähnen sowie dem umgebenden Knochen während einer frühen Phase der Odontogenese zurückführt. Im Ergebnis seiner Untersuchungen stellt er die Hypothese auf, daß die Entwicklung der Zahnkeime sowohl autosomal als auch X-chromosomal gesteuert wird. Für das Zahnalter finden PELSMAEKERS et al. (1997) bei monozygoten Zwillingen signifikant höhere zwischenpaarige Korrelationen als bei dizygoten Zwillingen. Sie ziehen daraus die Schlußfolgerung, daß die Zahnentwicklung einem starken genetischen Einfluß unterliegt.

Es ist bekannt, daß Fluoride einen hocheffektiven Kariesschutz bewirken. ADLER (1952) weist darauf hin, daß Fluor auf Grund dieser spezifischen Wirkung zum längeren Erhalt der Milchzähne beiträgt und damit zumindest indirekt die Dentition beeinflusst. Eine direkte Beeinflussung des Zahnwechsels durch Fluor im Trinkwasser kann er nicht feststellen. Zu einer ähnlichen Aussage kommen auch BAUER et al. (1974) sowie KÜNZEL (1984). Letzterer stellt jedoch ein verändertes Durchbruchverhalten der Prämolaren fest und führt dies auf den Kariesrückgang durch die Trinkwasserfluoridierung zurück.

Die enormen Fortschritte in der Molekulargenetik sowie die Einführung immer besserer Meß- und Untersuchungsmethoden haben in den letzten Jahren wieder zu einer Intensivierung der Dentitionsforschungen geführt. Erkenntnisse, die früheren Forschern verborgen bleiben mußten, vermitteln heute ein umfassenderes Bild von der Komplexität der Eruption der Zähne. Einen umfangreichen Überblick über die neuesten Erkenntnisse zu den Prozessen der Zahneruption geben MARKS (1995), MARKS und SCHROEDER (1996) sowie WISE (1998).

Als entscheidend für die Reifung der Zähne im Alveolarknochen und ihren Durchbruch wird auch heute das Vorhandensein des Zahnfollikels angesehen. Ohne diese bindegewebige Struktur findet offensichtlich keine Eruption des Zahnes statt. Der Zahnfollikel ist Zentrum einer intensiven Zellproliferation und Zelldifferenzierung. Diese Vorgänge werden durch die Sekretion ca. 20 verschiedener zellulärer Wachstumsfaktoren aus dem Follikel, wie z. B. EGF (epidermal growth factor), DF-95 (ein Speichelprotein), TGF (transforming growth factor), CSF-1 (colony-stimulating factor) NFkappaB (nuclear factor kappaB) und IL-1 $\alpha$  (Interleukin-1 $\alpha$ ) ausgelöst und gesteuert.

Mittels einer Genanalyse konnten WISE und LIN (1994), LIN et al. (1996), SHROFF et al. (1996), WISE et al. (1996), WISE et al. (1999) sowie QUE et al. (1999) in Untersuchungen nachweisen, daß das Follikelgewebe auch Ort der Genexpression und Synthese sowohl dieser Wachstumsfaktoren als auch der entsprechenden Rezeptoren ist. In Folge dieser Kaskade von chemotaktischen Signalen kommt es zu einem Einstrom von Monozyten, die sich zu Osteoklasten differenzieren, um dem durchbrechenden Zahn seinen Eruptionsweg durch den Alveolarknochen zu ebnet. PHILBRICK et al. (1998) sowie NAKCHBANDI et al. (2000) weisen in ihren Untersuchungen die essentielle Bedeutung eines weiteren Moleküls, dem parathyroid hormone-related protein (PTHrP), für die Differenzierung der Osteoklasten und die Formierung des Eruptionsweges nach.

Dem eigentlichen Durchbruch des Zahnes geht eine lange Phase des Wachstums der Zahnkrone im Inneren des Alveolarknochens voraus. Dieses Wachstum wird von einem Prozeß intensivem Knochenumbaus begleitet und durch ihn erst ermöglicht. Dabei kommt es sowohl zu Knochenresorption als auch –apposition. Die Bedeutung des Zahnfollikels für diese Prozesse wurde bereits dargelegt.

Eine Grundvoraussetzung für den Beginn der Eruption ist die Schaffung eines Eruptionsweges. Auch hier nimmt der Zahnfollikel eine initiiierende und steuernde Funktion ein. Die Bewegung des Zahnes entlang des vorgeformten Eruptionsweges erfolgt durch Knochenapposition auf der apikalen Seite der eruptierenden reifen Zahnkrone. Das Wurzelwachstum wird diesem Prozeß angepaßt. Entgegen früherer Meinungen, die den Zahndurchbruch als Folge des einsetzenden Wurzelwachstums sahen, ist im Ergebnis neuerer Studien das Wachstum der Zahnwurzel nicht Ursache, sondern Folge des Zahndurchbruchs. Untersuchungen der o.g. Autoren konnten zeigen, daß ein Zahndurchbruch auch bei völligem Fehlen der Wurzel erfolgt. Die Prozesse zur Bildung des Eruptionsweges auf der koronalen Seite der Zahnkrone stellen den für die Eruptionsbewegung limitierenden Faktor dar. Sofort nach dem Durchdringen der oralen Schleimhaut beginnt sich das parodontale Ligament auszuformen.

Die Durchbruchsgeschwindigkeit ist dabei nicht konstant. LEE und PROFFIT (1995) untersuchten die Eruption mit Hilfe eines Videomikroskops und stellten einen circadianen Rhythmus fest. Einem Sistieren der Durchbruchsbewegung während des Tages folgt ein signifikanter Eruptionsschub in der Nacht. Außerdem stellten sie fest, daß die tägliche Eruptionsrate um so stärker abnimmt, je mehr sich der Zahn der Okklusionsebene nähert.



Sie führen den circadianen Eruptionsrhythmus auf Schwankungen des Hormonspiegels und einen nächtlichen Rückgang des Druckes, den Wangen, Lippen und Zunge am Tag ausüben, zurück. RISINGER et al. (1996) können die Rhythmik des Zahndurchbruchs bestätigen und stellen leichte Bewegungen des eruptierenden Zahnes mit dem arteriellen Pulsschlag fest.

NENNINGER (1977) formuliert drei Phasen des Zahndurchbruchs:

- Präeruption (intraossealer Aufstieg bis zum Kiefertegument),
- erste Phase der Eruption (oraler Durchbruch bis zur Okklusionseinstellung),
- zweite Phase der Eruption (oraler Durchbruch nach Okklusionseinstellung bis zum Abschluß der physiologischen Bißhebung).

Ein vorzeitiger Milchzahnverlust kann zu Beeinträchtigungen des Zahndurchbruchs der bleibenden Nachfolger im Sinne einer Durchbruchsverzögerung oder auch Durchbruchsbeschleunigung führen. Nach HENNEMANN und HOLTGRAVE (1989) spricht man von einem vorzeitigen oder frühzeitigen Milchzahnverlust, wenn die Entfernung eines Milchzahnes länger als ein Jahr vor dem zu erwartenden Durchbruch des Nachfolgers erfolgt. Dadurch kann es neben den negativen Folgen für die Stützzonenlänge auch zu einer Durchbruchsverzögerung bzw. Durchbruchsbeschleunigung der betroffenen Prämolaren kommen. Diese Effekte weisen u. a. RÖNNERMANN (1977) sowie KOCHHAR und RICHARDSON (1998) in ihren Untersuchungen nach.

Eine Akzeleration der Dentition in Folge des säkularen Trends stand immer wieder im Zentrum zahlreicher Untersuchungen. ADLER (1958) beschreibt die Akzeleration der Dentition als früheren Eintritt und schnelleren Ablauf des Zahnwechsels. Zahlreiche Autoren bestätigen einen säkularen Trend der Dentition (BENNHOLDT-THOMSEN 1938, HELLMAN 1943, GRAUDENZ 1954, JANSON 1970, FLÜGEL et al. 1986, NADLER 1998, ESKELI et al. 1999) oder vermuten dies zumindest anhand ihrer Untersuchungsergebnisse (WURSCI 1993). Ebenso zahlreich ist allerdings auch die Zahl der Autoren, die diesen Trend verneinen (BAUER et al. 1974, HARZER et al. 1984, KÜNZEL 1984).

### 3.2. Der Zusammenhang zwischen Dentitionsgeschehen und allgemeinen körperlichen Wachstumsprozessen

Die Anwendung des Zahndurchbruchs als Maß für die Einschätzung des körperlichen Entwicklungsstandes geht vermutlich auf den Engländer SAUNDERS (1837) zurück, der Untersuchungen anstellte, um das Alter von Kindern für die Fabrikarbeit zu bestimmen.

Versucht man, den individuellen Entwicklungsstand der Kinder zu beschreiben, so zeigen sich bei Individuen gleichen Alters zum Teil beträchtliche Unterschiede. Da die verschiedenen Wachstums- und Entwicklungsprozesse, die jedes Individuum durchläuft, durch ein ihnen eigenes Tempo gekennzeichnet sind, resultiert daraus auch für jeden dieser Prozesse ein unterschiedlicher Entwicklungsstand im Vergleich zum chronologischen Alter. Zur Beschreibung des individuellen Standes der Entwicklung eines Menschen dient die Angabe des biologischen Alters. Das biologische Alter eines Kindes entspricht dann dem chronologischen Alter, wenn der Durchschnitt der gleichaltrigen Kinder den gleichen Entwicklungsstand und damit das gleiche biologische Alter aufweist.

Nach KNUSSMANN (1996) kann das biologische Alter anhand folgender Gesichtspunkte bestimmt werden:

- Das Ossifikations- oder Skelettalter wird nach der Anlage bestimmter Knochenkerne und deren Verschmelzung bestimmt.
- Das Zahnalter.
- Das morphologische Alter wird nach bestimmten Proportionsverschiebungen ermittelt.
- Das physiologische Alter kann nach dem Erwerb und Verlust bestimmter Funktionen bzw. Indikatoren dafür bestimmt werden.
- Das biochemische Alter wird nach der quantitativen Zusammensetzung des Organismus ermittelt.
- Das Intelligenzalter wird nach den Leistungen in geeichten Intelligenztests bestimmt.

TANNER (1962) gibt für die Zeit der Pubertät noch das Alter nach der Ausprägung der sekundären Geschlechtsmerkmale an.

Da die Betrachtungen zum Verhältnis zwischen dentaler Entwicklung und ausgewählten anthropologischen Merkmalen in der vorliegenden Arbeit auf der Grundlage des Zahnalters durchgeführt werden, soll im folgenden näher auf das Zahnalter eingegangen werden.

Zur Bestimmung des Zahnalters an lebenden Individuen werden hauptsächlich zwei Methoden verwandt:

1. Die Bestimmung nach der Zahnzahl bzw. dem in der Mundhöhle sichtbaren Dentitionsstand,
2. Die Bestimmung des Zahnalters anhand des röntgenologisch sichtbaren Entwicklungsstandes der Zähne.

Die Bestimmung des Zahnalters anhand der Zahl bereits in die Mundhöhle eruptierter Zähne stellt eine Methode dar, die sehr leicht durch Erhebung eines Zahnstatus durchführbar ist. Sie ist allerdings nur für Phasen des Zahndurchbruchs, also etwa bis zu einem Lebensalter von 12 bis 13 Jahren, anwendbar (OSTERMEIER 1985, JAEGER 1990). NYSTROEM et al. (2000) fordern für eine zuverlässige Altersbestimmung die Aufstellung populations-spezifischer Standardtabellen des Zahnalters.

Die Verbindung zwischen Zahndurchbruch und chronologischem Alter war in der Vergangenheit besonders häufig Gegenstand von Untersuchungen. Einen umfangreichen Überblick geben hier SZYMANSKI und HIEKE (1981). In einem Großteil der Untersuchungen wird eine hohe Übereinstimmung zwischen der Zahnzahl und dem chronologischen Alter festgestellt (LAUTERSTEIN 1961, BORGMANN 1980). KOCH et al. (1982) bestätigen ebenfalls die Eignung des Zahnalters zur Einschätzung von Individualität und Variabilität. JAEGER (1990) findet eine relativ konstante Beziehung zwischen der Zahl der vorhandenen Zähne und dem chronologischen Alter.

ADLER-HRADECKY und ADLER (1958) sehen dagegen die Methode der Zuordnung einer bestimmten Anzahl von Zähnen auf eine konkrete Altersangabe als problematisch an, da der Zahndurchbruch unter großen Schwankungen erfolgt. DEMIRJIAN (1986) gibt zu bedenken, daß die Altersbestimmung anhand der Zahnzahl beim individuellen Kind eine hohe Wahrscheinlichkeit von Ungenauigkeiten aufweist und in Zeiten, in denen kein Zahn durchbricht bzw. sich die Zahnzahl nicht ändert, keine Informationen gewonnen werden können. NYSTROEM et al. (2000) weisen ebenfalls darauf hin, daß eine Altersbestimmung der Kinder wegen der großen Variation in der Anzahl vorhandener Zähne nicht ausschließlich auf der Basis der Zahnzahl erfolgen sollte.

Die Methode der Bestimmung des Zahnalters anhand des röntgenologisch sichtbaren Entwicklungsstandes der Zähne geht auf DEMIRJIAN et al. (1973) zurück. Die Autoren beschreiben acht Mineralisationsstadien pro Zahn. Jedes Stadium wird dabei mit einem Skalenwert bezeichnet. Die Summe der Werte wird schließlich mittels einer Normtabelle einem Lebensalter zugeordnet. Die Autoren geben für die Genauigkeit der Methode eine Abweichung von bis zu 3 Jahren zum tatsächlichen Alter an. Allerdings wird von vielen Forschern bei Untersuchungen anderer Bevölkerungsgruppen eine systematische Über- oder Unterschätzung des Lebensalters festgestellt. Sie fordern deshalb eine Anpassung der Tabellen der Skalenwerte an die jeweiligen Populationen (DAVIS und HÄGG 1994, NYKÄNEN et al. 1998, KOSHY und TANDON 1998, LIVERSIDGE et al. 1999). Ein Nachteil dieser Methode ist natürlich auch in der Notwendigkeit von Röntgenaufnahmen und dem komplizierten Verfahren bei der Bestimmung der Mineralisationsstufen zu sehen (OSTERMEIER 1985).

SZILVASSY (1988) nennt als eine weitere Methode der zahnbezogenen Altersdiagnose das Schema der Zahnentwicklung nach UBELAKER (1978). Dieses Schema berücksichtigt nicht nur die Mineralisation der Zähne, sondern auch die Wurzelbildung und den Dentitionsstand. Die Möglichkeit der Altersbestimmung ist deshalb bereits vom 5. pränatalen Monat an bis zum 35. Lebensjahr gegeben. Dabei ist die Altersdiagnose um so zuverlässiger und differenzierter, je jünger die Kinder sind, da die zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Entwicklungsstufen und die Fehlergrenzen mit zunehmendem Alter größer werden.

Nach SZILVASSY (1988) sind „für eine wissenschaftlich exakte Altersbestimmung“ unbedingt auch die sogenannten „Bolton Standards of dentofacial Development Growth“ von BROADBENT et al. (1975) heranzuziehen. Diese Bolton Standards zeigen die jährlichen Entwicklungsstufen des Gebisses für 1- bis 18jährige Individuen. Sie haben sich allerdings in der Praxis nicht durchgesetzt, weil hier Röntgenbefunde direkt auf Folien dargestellt werden.

Der Vollständigkeit halber soll noch die Methode der Altersbestimmung anhand der Zahnabnutzung erwähnt werden. Beispielhaft sei hierzu nur MILES (1963) genannt, der ein Klassifizierungsschema vorlegte, daß die Abschleiß-Facetten der Molaren zur Altersdiagnose heranzieht. Schon GUSTAFSON (1955) stellt jedoch fest, daß diese Methode auf Grund der sehr großen Variationen keine genauen Aussagen zum tatsächlichen Alter zuläßt.

Als Gründe für unterschiedliche Abnutzungsgrade gleichaltriger Personen nennt er Dysgnathien und Schmelzdysplasien. Zu erwähnen wären auch parafunktionelle Überbeanspruchung sowie der unterschiedlich hohe Hartstoffanteil der Nahrung je nach Ernährungsgewohnheiten. Eine neuere Untersuchung (KIM et al. 2000) gibt für 65,5 % der Fälle eine Differenz von  $\pm 5$  Jahren zwischen dem anhand der okklusalen Abnutzung der Zähne ermittelten und dem tatsächlichen Alter an.

Die Erforschung möglicher Zusammenhänge zwischen dem Zahnalter (unabhängig nach welcher Methode) und anderen Reifezeichen des kindlichen und jugendlichen Organismus war und ist immer wieder Ziel von Untersuchungen. Sowohl Anthropologen als auch Kieferorthopäden sind an einer Beurteilung dieser Zusammenhänge interessiert.

So berichten LEWIS und GARN (1960) anhand einer umfangreichen Longitudinalstudie von Korrelationen zwischen dem Ende der 2. Dentition und dem Eintritt der Menarche.

ANDERSON et al. (1975) verglichen die Mineralisation der Zähne und der Knochen sowie Körperhöhe und Gewicht 4- bis 14-jähriger Kinder und ermittelten dabei signifikante Beziehungen zwischen dentalen und knöchernen Entwicklungsstadien sowie der Körperhöhe. FISCHER-BRANDIES und BUTENANDT (1988) stellen eine signifikante Zunahme der Zahngröße mit der Körpergröße fest. Nach KREKMANOVA et al. (1997) weisen kleinwüchsige Kinder auch einen Rückstand in ihrer dentalen Entwicklung auf und zwar unabhängig davon, ob sie an einem Mangel an Wachstumshormon litten oder nicht.

DEMIRJIAN et al. (1985) finden dagegen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dentaler und skelettaler Entwicklung sowie zwischen dentaler Entwicklung und Körperhöhenwachstum. Sie schlußfolgern daraus, daß die Steuerungsmechanismen der Zahnentwicklung unabhängig von denen der anderen Reifemerkmale sind. Zum gleichen Ergebnis gelangen auch HÄGG und TARANGER (1982) bei einer Longitudinaluntersuchung schwedischer Kinder. TANNER (1975) und HELM (1990) weisen ebenfalls auf die Unabhängigkeit von Skelett- und Zahnreifung hin.

MARKS und SCHROEDER (1996) sind der Ansicht, daß sowohl die Eruption als auch das Wachstum des Alveolarfortsatzes auf sehr niedrigem Niveau bis in das 5. Lebensjahrzehnt anhält. Dadurch kann die vertikale Dimension des Gesichtes erhalten und die okklusale Abnutzung der Zähne ausgeglichen werden.

Für VAN DER LINDEN (1984) existieren zwischen der Dentition und dem Gesichtsschädelwachstum komplexe Wechselbeziehungen, die teilweise von den vorhandenen Zähnen gesteuert werden. Er betont aber die Eigenständigkeit der Zahnentwicklung.

JAEGER (1990) gibt 4 Ursachen für die geringen Korrelationen zwischen Zahnalter und anderen Entwicklungskriterien des Körpers an:

1. Das Wachstum des Menschen ist durch ein cranio-caudales Gefälle gekennzeichnet, d.h., das Kopfwachstum ist gegenüber dem des postcranialen Skeletts fortgeschritten.
2. Auf Grund des unterschiedlichen Einflusses der für das Wachstum wichtigen Hormone verläuft das Wachstum von Kopf, Zähnen und postcranialem Skelett zeitlich unterschiedlich.
3. Der höhere genetische Einfluß auf die Zahnentwicklung bewirkt möglicherweise eine größere Umweltstabilität der Dentition.
4. Zähne und Knochen haben eine unterschiedliche embryonale Genese.

#### 4. Material und Methode

Grundlage dieser Arbeit sind die Daten einer anthropologischen Längsschnittuntersuchung zur Erfassung von metrischen und morphologischen Merkmalen bei Schulkindern aus dem Stadtgebiet Jena. Diese Untersuchung wurde im Herbst 1985 durch Mitarbeiter des Institutes für Humangenetik und Anthropologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena begonnen. Sie reiht sich ein in eine lange Serie von anthropologischen Schulkinderuntersuchungen, die in Jena und seiner Umgebung seit 1880 in nahezu regelmäßigen Abständen durchgeführt wurden.

##### 4.1. Probanden

Wie von KROMEYER (1984) vorgeschlagen wurde angestrebt, für die Durchführung der Längsschnittuntersuchungen eine Probandenzahl von ca. 100 Kindern je Geschlecht zu erreichen.

Für die vorliegende Arbeit wurden die Untersuchungsergebnisse von 109 Mädchen und 98 Jungen der Geburtsjahrgänge 1981/82 ausgewertet. Im Herbst 1989 erfolgte die nachträgliche Aufnahme von 15 Mädchen und 28 Jungen im Alter von 8 Jahren in den Längsschnitt, um die Probandenzahl nach dem abwanderungsbedingten Ausscheiden einiger Kinder relativ konstant zu halten.

Unsere Probanden kommen aus Familien unterschiedlicher sozialer Herkunft. Diesbezüglich wurde keine Auswahl getroffen, die Berufe der Eltern aber auf einem speziellen Fragebogen erfaßt.

Die Untersuchung der Kinder erfolgte ab einem Alter von 4 Jahren bis zu einem Alter von 15 Jahren in halbjährlichen Abständen. Dabei wurde neben der Erfassung zahlreicher anthropometrischer Körper- und Kopfmaße sowie morphologischer Merkmale auch der Zahnstatus erhoben. Zur Eingrenzung eventueller Meßungenauigkeiten erfolgten die Messungen immer durch die gleiche Person.

Die Untersuchungen fanden größtenteils am Vormittag in den Räumen der betreffenden Schulen bzw. des Kindergartens statt.

#### 4.2. Methodik

Zur Erfassung der Kopf- und Körpermaße kam während der gesamten Untersuchung die bei anthropologischen Untersuchungen übliche standardisierte Methode nach MARTIN und SALLER (1957) zur Anwendung. Für die vorliegende Arbeit wurden folgende Meßgrößen der einzelnen Kinder herangezogen (Tab. 1):

Tab. 1: Anthropologische Kopf- und Körpermaße nach MARTIN und SALLER (1957)

Merkmal	Meßstrecke
Körperhöhe	Vertexhöhe bei Kopfhaltung in der Ohr-Augen-Ebene
Größte Kopflänge	geradlinige Entfernung von Glabella und Opisthokranion
Größte Kopfbreite	Abstand der beiden Eurya (Euryon = derjenige Punkt am Kopf, der am weitesten seitwärts vorragt)
Kopfumfang	Horizontalumfang des Kopfes
Jochbogenbreite	Abstand der Zygia (Zygion = derjenige Punkt, an dem der Jochbogen am weitesten nach lateral vorragt)
Unterkieferwinkelbreite	geradlinige Entfernung von rechtem und linkem Gonion
Morphologische Gesichtshöhe	Abstand zwischen Nasion und Gnathion
Untergesichtshöhe	geradlinige Entfernung von Subnasale und Gnathion
Body-Mass-Index (BMI)	$\frac{\text{Körpergewicht (in kg)}}{(\text{Körperhöhe})^2 \text{ (in m)}}$



Zur Dokumentation der Untersuchungsergebnisse diente ein standardisierter Untersuchungsbogen, in welchen alle Meßwerte in der Reihenfolge eingetragen wurden, in der sie abgenommen wurden. Auf jedem Untersuchungsbogen wurden außerdem vermerkt:

- Name des Kindes
- Individuum-Nr. des Kindes
- Geschlecht des Kindes
- Geburtsdatum des Kindes
- Untersuchungsdatum
- Untersuchungs-Nr.

Für die Umrechnung des Alters der Probanden zum Untersuchungszeitpunkt in einen dezimalen Wert verwendeten wir die in der Anthropologie gebräuchliche Methode (MARTIN und SALLER 1957). Dabei entspricht ein Monat einem Zahlenwert von 0,083 Jahren.

Für den Zahnstatus wurde das 1970 von der Federation Dentaire Internationale (FDI) eingeführte international gültige Kennzeichnungssystem (Abb. 1) verwendet. Dieses Gebißschema benutzt ein Koordinatenkreuz, das jeweils den Oberkiefer und den Unterkiefer zwischen den beiden mittleren Schneidezähnen in eine rechte und linke Seite teilt. Jeder Zahn wird mit einer arabischen Ziffer bezeichnet. Ebenso wird mit den durch das Koordinatenkreuz gebildeten Gebißquadranten verfahren. Das Zählen der Zähne beginnt man für jede Kieferhälfte jeweils mit dem mittleren Schneidezahn und erhält so je Gebißquadrant im Normfall maximal 8 Zähne, wobei der 8. Zahn den Weisheitszahn bezeichnet. Die Gebißquadranten werden mit den Ziffern 1 bis 4, beginnend mit dem aus Untersuchersicht linken Oberkiefer, im Uhrzeigersinn gekennzeichnet. So erhält jeder Zahn eine Kennzeichnung aus zwei Ziffern, die getrennt voneinander gelesen werden. Dieses Gebißschema wurde von uns auch für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse zur eindeutigen Bezeichnung der Zähne verwendet.

Abb. 1: Darstellung des verwendeten Zahnschemas

Oberkiefer																	
rechts	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	links
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	
Unterkiefer																	

Im ersten Teil unserer Untersuchungen werden der Eruptionszeitpunkt jedes Zahnes und die Reihenfolge des Durchbruchs der Zähne ermittelt. Als vorhanden galt ein Zahn, welcher die Mundschleimhaut zumindest partiell durchbrochen hatte und damit in der Mundhöhle sichtbar war (NANDA 1960, KROMEYER 1984, JAEGER 1990, KOCHHAR und RICHARDSON 1998). Auf Grund der halbjährlichen Untersuchungstermine ergaben sich für die Bestimmung des Durchbruchalters eines Zahnes zwei Alterswerte. Der erste kennzeichnet den Zeitpunkt, bei dem der Zahn erstmalig in der Mundhöhle sichtbar war, der zweite den davorliegenden, zu dem der betreffende Zahn noch nicht beobachtet wurde. Der tatsächliche Durchbruchstermin liegt also zwischen diesen beiden Alterswerten. Um den damit maximal möglichen Fehler von einem halben Jahr zu reduzieren, wird als Durchbruchsalter jedes Zahnes der Mittelwert aus diesen beiden Untersuchungszeitpunkten angenommen. Diese Vorgehensweise wählten u. a. auch FULTON und PRICE (1954), WURSCHI (1993) sowie KOCHHAR und RICHARDSON (1998). Im Verlauf des Längsschnittes kam es gelegentlich dazu, daß Kinder zu einzelnen Untersuchungen fehlten. In Anlehnung an die Arbeit von WURSCHI (1993), der Untersuchungen zur ersten Wechselgebissphase am gleichen Probandengut durchgeführt hat, wurden von uns nur jene Kinder zur Bestimmung des Eruptionszeitpunktes eines Zahnes berücksichtigt, bei denen die Zeitspanne zwischen diesen zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungen maximal ein Jahr betrug.

Die mittleren Durchbruchzeiten der Zähne bestimmten wir durch das arithmetische Mittel aller nach den oben beschriebenen Bedingungen errechneten Alterswerte. Diese mittleren Eruptionstermine werden hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen den Geschlechtern und zwischen den Zähnen gleichen Zahntyps innerhalb eines Kiefers untersucht.

Die durchschnittliche Dauer der zweiten Wechselgebißphase ermittelten wir anhand des Mittelwertes der individuellen Differenzen zwischen den Durchbruchterminen des jeweils ersten und letzten permanenten Seitenzahnes.

Für den Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer (Oben-Unten-Vergleich) wurde, wie von FULTON und PRICE (1954) beschrieben, nochmals der Mittelwert aus den mittleren Durchbruchterminen der Zähne gleichen Zahntyps innerhalb eines Kiefers (z. B. 1. Prämolare im Oberkiefer, Eckzahn im Unterkiefer) errechnet.

Um der Frage nach der Reihenfolge des Zahndurchbruchs nachgehen zu können, ermittelten wir alle im Probandengut auftretenden Variationen der Dentitionsfolge während der zweiten Wechselgebißphase und ihre entsprechenden Häufigkeiten. Die Analyse wurde dabei probandenbezogen auf der Basis der errechneten Eruptionszeitpunkte vorgenommen und erfolgte für jedes Geschlecht und für alle 4 Gebißquadranten getrennt. Es galt die Bedingung, daß mindestens der Eckzahn (Zahn 3) und der erste Prämolare (Zahn 4) durchgebrochen sein mußten.

In einer zweiten Betrachtung wurde für jeden Zahn der zweiten Wechselgebißphase, ausgehend vom jeweiligen Durchbruchtermin, dessen Rangplatz in der individuellen Dentitionsreihenfolge ermittelt. Es wurden nur diejenigen Kinder ausgewählt, bei denen mindestens die Zähne 3, 4 und 5 bis zum Ende der Untersuchung durchgebrochen waren. Ein Zahn erhielt den Rangplatz 1, wenn er als einziger das früheste Durchbruchsalter aller bleibenden Seitenzähne in einer Kieferhälfte eines Kindes (mit Ausnahme des ersten Molaren) hatte. Die nachfolgenden Zähne bekamen entsprechend die Plätze 2, 3 und 4. Zum Ende der Untersuchungen noch nicht durchgebrochene zweite Molaren erhielten in diesem Fall den Rangplatz 4. Die rechte und die linke Kieferhälfte wurden zusammengefaßt und danach die prozentualen Häufigkeiten der einzelnen Rangplätze für jeden Zahntyp je Kiefer und Geschlecht errechnet.

Da bei diesem Vorgehen die Möglichkeit des gleichzeitigen Durchbruchs von zwei oder mehreren Zähnen unberücksichtigt blieb, konnten nur durchschnittlich 60 % der ausgewählten Probanden erfaßt werden. Deshalb ermittelten wir noch, in wie vielen Fällen die zweite Wechselgebißphase mit dem paarweisen Durchbruch zweier Zähne beginnt. Dabei wurden wiederum rechte und linke Kieferhälfte zusammengefaßt und die prozentualen Häufigkeiten je Kiefer und Geschlecht ermittelt. So konnte bei über 90 % der nach den obigen Bedingungen ausgewählten Kinder festgestellt werden, welcher Zahntyp bzw. welches Zahnpaar eindeutig zuerst in die Mundhöhle durchbricht.

Dem schließen sich Untersuchungen auf signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich der Reihenfolge des Zahndurchbruchs an.

Für die weiteren Betrachtungen wurde für jedes Kind und jede Untersuchung die Altersklasse bestimmt, der ein Proband auf Grund seines Alters zum Untersuchungszeitpunkt zuzuordnen ist. Die Einteilung der Altersklassen in Halbjahresklassen erfolgte entsprechend der Methodik nach MARTIN und SALLER (1957).

Anhand von Eruptionskurven ist es möglich, Aussagen darüber zu treffen, in welchem Zeitraum sich der Durchbruch eines Zahnes innerhalb unseres Probandengutes vollzieht. Dazu wird für jede Altersklasse die Anzahl der erfolgten Durchbrüche eines bestimmten Zahnes bezogen auf die Anzahl der untersuchten Kinder bestimmt. Mit Hilfe eines logistischen Modells der Kurvenanpassung werden, getrennt nach dem Geschlecht, aus den ermittelten Häufigkeiten typische Eruptionskurven für jeden Zahn errechnet. Für die Betrachtung innerhalb des Ober- bzw. Unterkiefers errechneten wir die Eruptionskurven für jeden Zahntyp. Die Häufigkeit des erfolgten Durchbruchs eines Zahntyps innerhalb eines Kiefers bestimmten wir für jede Altersklasse durch den Mittelwert aus den prozentualen Durchbruchshäufigkeiten der beiden Zähne gleichen Typs eines Kiefers.

Auf Grundlage der bei jeder Untersuchung registrierten Anzahl der bereits durchgebrochenen permanenten Zähne wurde für jede Halbjahresklasse ab einem Alter von 5,5 Jahren die mittlere Zahnzahl der Jungen und Mädchen sowie die dazugehörigen Streuungsmaße ermittelt (JAEGER 1990). Die mittlere Zahnzahl rundeten wir dabei sinnvollerweise auf ganze Zahlenwerte auf oder ab. Anhand dieser Daten erfolgte die Bestimmung des Zahnalters der Jenaer Schulkinder für die gesamte 2. Dentition. Es wurde wiederum der Frage nach signifikanten Geschlechtsunterschieden nachgegangen.

Zur graphischen Darstellung des phasenhaften Ablaufs der 2. Dentition bestimmten wir für beide Geschlechter und jede Altersklasse den Median der Anzahl bereits durchgebrochener permanenter Zähne. Der Median ist der Wert, unter bzw. über dem sich jeweils die Hälfte der nach ihrer Größe geordneten Einzelwerte befindet. Er bleibt damit im Gegensatz zum arithmetischen Mittel von Extremwerten unbeeinflusst und eignet sich deshalb besser zum einfachen Vergleich von Verteilungen, die, wie in unserem Fall für die mittlere Zahnzahl noch erläutert wird, keiner Normalverteilung folgen.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit sollen mögliche Beziehungen zwischen dem Zahnalter als Ausdruck der dentalen Entwicklung und ausgewählten Körper- und Kopfmaßen untersucht werden.

Da sich die vorliegende Arbeit mit den Entwicklungsvorgängen während der zweiten Phase der 2. Dentition beschäftigt, beschränken sich unsere Betrachtungen auf die Altersklassen 9,5 bis 14,5 Jahre. Das Alter von 9,5 Jahren wurde gewählt, weil der Durchbruchstermin des Zahnes der zweiten Wechselgebißphase mit dem frühesten mittleren Durchbruchsalter in diese Altersklasse fällt. Zum Zeitpunkt des Abschlusses der vorliegenden Untersuchungen gehörten die Mehrzahl der Kinder der Altersklasse 14,5 Jahre an.

Für die Maße des Gesichtes (Jochbogenbreite, Unterkieferwinkelbreite, Gesichtshöhe, Unter Gesichtshöhe) lagen ab der Altersklasse 13,5 keine Werte mehr vor, so daß sich die Betrachtungen bei diesen Merkmalen auf die Altersklassen 9,5 bis 13,0 Jahre beschränken.

Auf Grundlage der durchschnittlichen Zahnzahl je Altersklasse wurden drei Gruppen definiert und die untersuchten Individuen für jede Altersklasse entsprechend zugeteilt. Dabei betrachteten wir die gesamte 2. Dentition. Zur Einteilung der Kinder in die Zahnungsgruppen Früh-, Normal- und Spätzahner wurde die einfache Standardabweichung als Abstandsmaß vom arithmetischen Mittel der Zahnzahl herangezogen (JAEGER 1983, WURSCHI 1993). Für die Gruppe der Normalzahner gilt demnach  $\bar{x} \pm s$ . Die Gruppe der Spätzahner weist eine geringere Zahnzahl auf, die der Frühzahner eine höhere. Da sich bei der Berechnung in der Regel Dezimalzahlen ergeben, wurde bei den Spätzählern generell auf die nächste ganze Zahl abgerundet, bei den Frühzählern entsprechend aufgerundet.

Da die dentale, wie die gesamte körperliche Entwicklung der Individuen in ihrem zeitlichen Verlauf sehr heterogen erfolgt, können für einzelne Kinder zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten unterschiedliche Entwicklungsstände im Vergleich zur gesamten Untersuchungsgruppe festgestellt werden. Dieser an sich normale Umstand wird erst durch eine Longitudinalstudie „sichtbar“ und ist damit eine Besonderheit solcher Studien gegenüber Querschnittsuntersuchungen.

Auch bei unseren Untersuchungen war es nicht möglich, alle Kinder für den gesamten Verlauf des Längsschnittes einer einzigen Zahnungsgruppe zuzuweisen. Im Extremfall konnten wir bei einzelnen Probanden sogar ein Wechseln aus der Gruppe der Spätzahner in die der Frühzahner oder umgekehrt feststellen.

Um trotzdem eine eindeutige Einteilung für den gesamten Längsschnitt vornehmen zu können, wurden folgende Kinder nicht in die weiteren Betrachtungen einbezogen:

1. Kinder, bei denen in weniger als 10 Untersuchungen ein Zahndurchbruch zu verzeichnen war.
2. Kinder, die im Verlauf der Studie zwischen allen drei Gruppen wechseln.

Die verbleibenden Probanden wurden jeweils der Gruppe zugeordnet, der sie während der gesamten Untersuchung am häufigsten angehörten. Durch diese Zuordnungskriterien, die relativ großen Streuungswerte und die zusätzliche Geschlechterteilung ist die Probandenzahl bei den Frühzähmern und bei den Spätzähmern mit teilweise nur 4 - 6 Kindern sehr gering. Deshalb sind für diese Gruppen nur tendenzielle Aussagen im Sinne von Trends möglich. Eine zuverlässige statistische Auswertung wird dadurch erschwert. Bedingt durch die sehr geringe Probandenzahl steigt auch das Risiko, einen statistischen Fehler 2. Art zu begehen. Von einem Fehler 2. Art wird dann gesprochen, wenn ein statistischer Test die Nullhypothese (z. B. keine Mittelwertdifferenzen) bestätigt, obwohl objektiv die zu prüfende Hypothese (z. B. die Mittelwerte der Gruppen differieren) richtig ist (JANSSEN und LAATZ 1999).

Für einen ersten Vergleich zwischen den ermittelten Zahnungsgruppen hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs der 2. Dentition wurde für jede Altersklasse der Median der Anzahl der bereits durchgebrochenen bleibenden Zähne innerhalb der Gruppen bestimmt.

Zum Vergleich der anthropometrischen Werte zwischen den Dentitionsgruppen errechneten wir für jede Gruppe das arithmetische Mittel der Merkmalswerte je Altersklasse und führten eine statistische Überprüfung auf signifikante Mittelwertunterschiede sowie eine multifaktorielle Varianzanalyse durch.

#### 4.3. Statistische Auswertungsverfahren

Zur statistischen Analyse wurde das Programm „SPSS für Windows“ in der Version 8.0 verwendet.

Da das Vorliegen einer Normalverteilung Voraussetzung für die korrekte Durchführung vieler statistischer Tests ist, kann auf eine Überprüfung der Daten hinsichtlich ihrer Normalverteilung nicht verzichtet werden.

Wir benutzten dazu den KOLMOGOROV – SMIRNOV – Test, der als sogenannter Anpassungstest prüft, ob die Verteilung einer vorhandenen Stichprobenvariablen mit einer theoretischen Verteilung, in unserem Fall der Standardnormalverteilung, übereinstimmt. SPSS berechnet sowohl die asymptotische Wahrscheinlichkeit, d.h. die Wahrscheinlichkeit, daß die aus der vorhandenen Verteilung errechnete Prüfgröße annähernd einer theoretischen Verteilung folgt, als auch die exakte Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung beider Verteilungen.

Wir verwendeten immer die exakte Wahrscheinlichkeit, um eventuelle Ungenauigkeiten, die vor allem auf Grund der geringen Stichprobengrößen bei den Frühzähmern und den Spätzähmern nicht auszuschließen waren, zu vermeiden.

Bei allen statistischen Tests dieser Untersuchung wurde einheitlich von einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  ausgegangen.

Die Homogenität der Varianz der Werte der zu untersuchenden Variablen wurde mit dem LEVENE-Test, einer spezifischen Variante des F-Tests, überprüft.

Da bei unseren Daten eine Normalverteilung gegeben war, erfolgte der Vergleich der Altersmittelwerte für den Zahndurchbruch zwischen den Geschlechtern sowie zwischen Oberkiefer und Unterkiefer mittels des t-Tests für unabhängige Stichproben.

Für unsere Untersuchungen zur Durchbruchsreihenfolge der Zähne der zweiten Wechselgebißphase wurde jede der ermittelten Durchbruchssequenzen durch eine beliebige Zahl gekennzeichnet. Dadurch wiesen unsere Ergebnisse ein Nominalskalenniveau auf, für das parameterfreie Tests zur Anwendung kommen. Die Überprüfung auf statistische Signifikanz von Unterschieden zwischen den Geschlechtern und zwischen Ober- und Unterkiefer erfolgte hier deshalb mit dem Chi-Quadrat-Test. Für viele Eruptionsequenzen ergeben sich dabei Häufigkeitswerte kleiner als 5. Dies führt bei Verwendung der asymptotischen Signifikanz zu ungenauen Testergebnissen (JANSSEN und LAATZ 1999).

Deshalb wurde wiederum die von SPSS angebotene Möglichkeit zur Bestimmung exakter Wahrscheinlichkeiten angewandt.

Zur Berechnung hinreichend genauer Eruptionskurven benutzten wir ein logistisches Modell der Kurvenanpassung. Dabei wird in einem Regressionsansatz versucht, die Entwicklung einer Variable  $y$  durch eine Erklärungsvariable  $x$  vorherzusagen. SPSS bietet die Berechnung von elf verschiedenen Kurvenformen an. Nach einem optischen Vergleich der errechneten Kurven mit den empirisch festgestellten Kurven entschieden wir uns für das logistische Modell. SPSS rechnet dabei mit der Gleichung:

$$y = 1 / [1/c + b_0 (b_1)^x],$$

wobei  $y$  die Häufigkeit des Vorhandenseins eines Zahnes bezeichnet und  $x$  für das jeweilige Alter steht. Die Variablen  $b_0$  und  $b_1$  kennzeichnen Koeffizienten, die nach der Methode der kleinsten Quadrate geschätzt werden. Für das logistische Modell kann bei dieser Schätzung ein oberer Grenzwert  $c$  für die Variable  $y$  vorgegeben werden, der größer als der maximale Wert von  $y$  sein muß. Auf die Darstellung der Konfidenzintervalle wurde verzichtet, da SPSS für jede Kurve ein Bestimmtheitsmaß errechnet, das den Anteil der durch die Variable  $x$  erklärten Varianz an der Gesamtvarianz von  $y$  angibt. Die Bestimmtheitsmaße lagen bei unserem Modell für alle Kurven zwischen 92 % und 98 %.

Die Signifikanzprüfung auf Geschlechtsunterschiede der mittleren Zahnzahl je Altersklasse erfolgte mit dem parameterfreien U-Test nach MANN-WHITNEY, da für dieses Merkmal nicht in allen Altersklassen eine Normalverteilung festgestellt werden konnte. Wir errechneten wiederum die exakte Wahrscheinlichkeit eines Geschlechtsunterschieds.

Alle anthropologischen Maße wiesen sowohl innerhalb der Gruppen der Spät-, Normal- und Frühzahner als auch insgesamt eine Normalverteilung auf.

Für den Vergleich der anthropometrischen Werte zwischen den Zahnungsgruppen wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Im Anschluß an eine Varianzzerlegung wird dabei als Signifikanztest der F-Test verwendet.

Da dieser lediglich prüft, ob beim Vergleich der Gruppenmittelwerte die Differenz zwischen mindestens einem der Vergleichspaare signifikant ist, ergibt sich aus dem Ergebnis der Varianzanalyse nichts darüber, zwischen welchen Vergleichspaaren signifikante Unterschiede bestehen.



Das Programm „SPSS für Windows“ bietet aus diesem Grund im Zusammenhang mit der einfaktoriellen Varianzanalyse u. a. den t-Test für a priori festgelegte Kontrastgruppen an, den wir bei einem signifikanten Ergebnis der Varianzanalyse für den anschließenden Mittelwertvergleich zwischen den Zahnungsgruppen anwendeten.

Da nur a priori festgelegte Paare auf signifikante Differenzen hin überprüft werden, ist das Problem, daß die Wahrscheinlichkeit eines signifikanten Unterschieds erhöht wird, nicht gegeben (JANSSEN und LAATZ 1999).

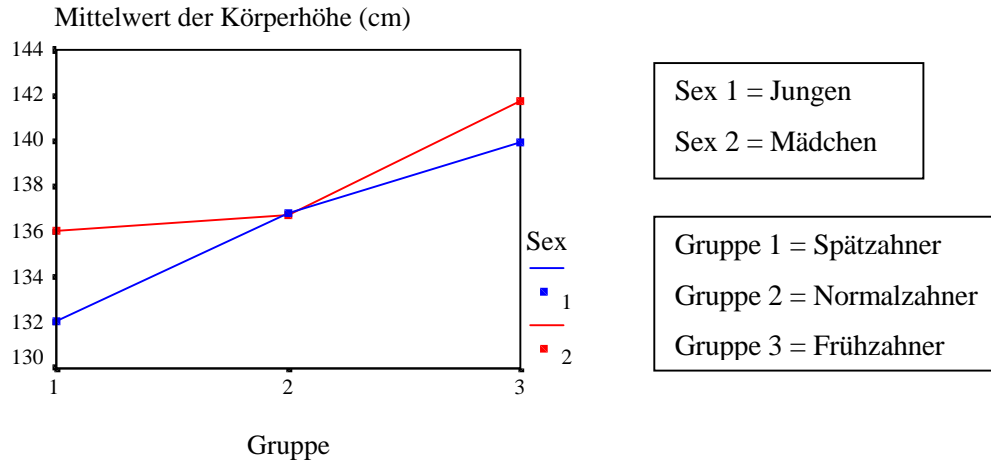
Auf Grundlage der Ergebnisse einer graphischen Analyse der Mittelwerte der anthropologischen Maße zwischen den Zahnungsgruppen wurden die t-Tests mit einer einseitigen Fragestellung durchgeführt. Die zu testende Alternativhypothese lautet also für jedes anthropologische Maß in den einzelnen Altersklassen:

$$\mu_{\text{Spätzahner}} < \mu_{\text{Normalzahner}} < \mu_{\text{Frühzahner}} \cdot$$

Durch eine multifaktorielle Varianzanalyse soll der Einfluß der Zugehörigkeit zu einer der Zahnungsgruppen als Faktorvariable auf die Gesamtvariation der Körper- und Kopfmaße untersucht werden. Dabei muß davon ausgegangen werden, daß vor allem das Alter einen sehr starken Einfluß auf die Gesamtvariation der anthropologischen Maße hat. Aus diesem Grund wurde das Alter als Kontrollvariable in die Analyse mit aufgenommen, um ihren Einfluß konstant zu halten.

Die Voraussetzung, daß zwischen der Kovariate Alter und dem Faktor Gruppenzugehörigkeit keine signifikanten Korrelationen bestehen dürfen und eine nahezu lineare Beziehung zwischen der Kovariate und der abhängigen Variable, in unserem Fall den Körper- und Kopfmaßen, vorliegt, wurde geprüft und war erfüllt. Eine erste Analyse ergab signifikante Interaktionen zwischen den beiden Faktoren Gruppenzugehörigkeit und Geschlecht. Das bedeutet, daß der Einfluß der Dentition nicht unabhängig davon ist, welches Geschlecht vorliegt, sondern es auf die spezifische Kombination beider Faktoren ankommt. Die Bedeutung der Faktorenkombination ist in Abbildung 2 beispielhaft für die Körperhöhe dargestellt.

Abb. 2: Darstellung einer interaktiven Wirkung von Gruppenzugehörigkeit und Geschlecht



Der Einfluß der Gruppenzugehörigkeit führt dazu, daß die Kurven nicht parallel gegenüber der x-Achse sondern ansteigend verlaufen. Die beschriebene Interaktion zwischen beiden Faktoren zeigt sich darin, daß beide Kurven nicht parallel zueinander oder identisch verlaufen. Für das obige Beispiel besitzt das Geschlecht bei den Spätzählern und den Frühzählern, nicht aber bei den Normalzählern einen Einfluß auf die Körperhöhe.

Aus diesen Gründen wurde das Geschlecht als Faktor aus der Analyse herausgenommen. Für beide Geschlechter führten wir eine getrennte Varianzanalyse durch. Bei Vorliegen einer signifikanten Wirkung der Gruppenzugehörigkeit auf die Gesamtvariation des Körpermerkmals wurde mittels einer multiplen Klassifikationsanalyse (MCA) der sogenannte Beta-Koeffizient errechnet, der in unserem Fall die um den Einfluß des Alters berichtigte Stärke des Zusammenhangs zwischen der Zugehörigkeit zu einer der drei Dentitionsgruppen und dem untersuchten Körpermerkmal angibt. Zusätzlich wird für jedes anthropologische Maß die durch diesen Zusammenhang begründete Abweichung des arithmetischen Mittels in den einzelnen Gruppen vom Gesamtmittelwert bestimmt.

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Der Durchbruch der Zähne der 2. Wechselgebissphase

#### 5.1.1. Durchbruchszeiten

Die errechneten arithmetischen Mittelwerte der Durchbruchszeiten sind für jeden Zahn der 2. Phase der Wechselgebissperiode in den Tabellen 2 und 3 getrennt nach Geschlechtern dargestellt. Gemäß dem international gültigen FDI-Schema bezeichnet Zahn 3 den Eckzahn, Zahn 4 und 5 den ersten bzw. zweiten Prämolaren und Zahn 7 den zweiten Molaren in jeder Kieferhälfte.

Tab. 2: Mittlere Durchbruchszeiten der Zähne der 2. Wechselgebissphase – Jungen –

rechts	n (Fälle)	s (Jahre)	$\bar{x}$ (Jahre)	Zahn	$\bar{x}$ (Jahre)	s (Jahre)	n (Fälle)	links
	73	0,89	12,37	<b>7</b>	12,34	0,87	71	
Ober- kiefer (I)	74	0,97	11,60	<b>5</b>	11,62	1,05	75	Ober- kiefer (II)
	78	1,04	10,76	<b>4</b>	10,73	1,02	82	
	78	1,09	11,23	<b>3</b>	11,26	1,06	77	
	76	1,19	10,44	<b>3</b>	10,36	1,24	77	
Unter- kiefer (IV)	79	1,07	10,77	<b>4</b>	10,78	1,07	79	Unter- kiefer (III)
	71	1,19	11,76	<b>5</b>	11,87	1,07	72	
	77	1,04	12,02	<b>7</b>	11,98	1,03	76	

Tab. 3: Mittlere Durchbruchzeiten der Zähne der 2. Wechselgebißphase – Mädchen –

rechts	n (Fälle)	s (Jahre)	$\bar{x}$ (Jahre)	Zahn	$\bar{x}$ (Jahre)	s (Jahre)	n (Fälle)	links
	71	1,00	11,96	<b>7</b>	11,93	1,05	73	
Ober- kiefer (I)	79	1,26	11,44	<b>5</b>	11,48	1,24	77	Ober- kiefer (II)
	83	1,27	10,57	<b>4</b>	10,44	1,20	78	
	79	1,22	10,80	<b>3</b>	10,81	1,22	77	
	82	1,10	9,78	<b>3</b>	9,77	1,12	83	
Unter- kiefer (IV)	81	1,11	10,37	<b>4</b>	10,37	1,16	86	Unter- kiefer (III)
	76	1,27	11,48	<b>5</b>	11,47	1,20	76	
	75	1,11	11,41	<b>7</b>	11,45	1,14	77	

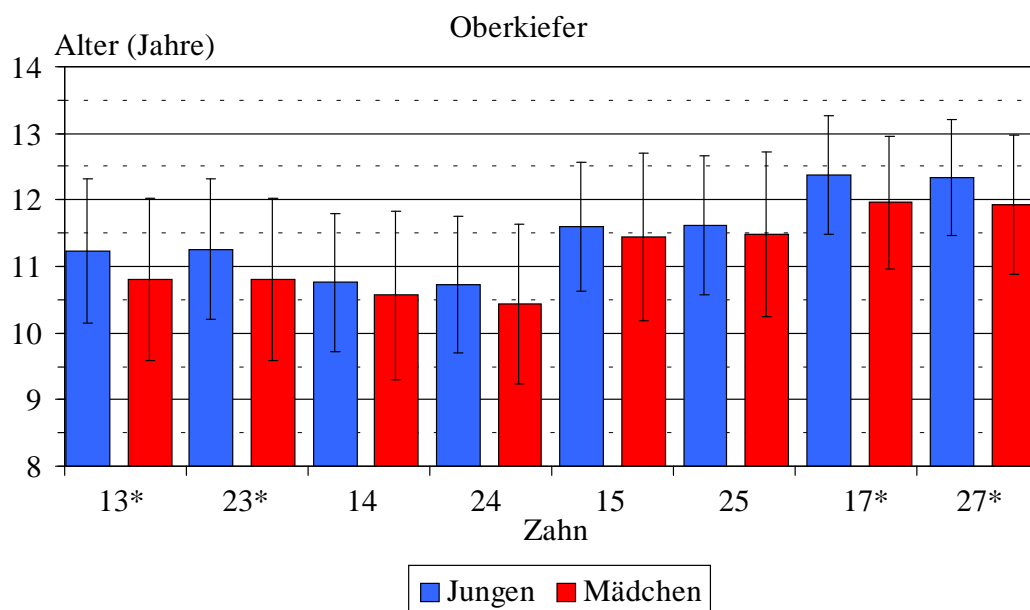
Aus den Tabellen wird ersichtlich, daß die zweite Wechselgebißphase im Mittel bei den Jungen zwischen dem 11. und 13. Lebensjahr, bei den Mädchen ein Jahr früher zwischen dem 10. und 12. Lebensjahr stattfindet. Sie erstreckt sich bei den Jungen durchschnittlich über einen Zeitraum von  $2,7 \pm 1,0$  Jahren und bei den Mädchen von  $2,9 \pm 1,0$  Jahren. Die individuell kürzeste Zeitspanne der zweiten Wechselgebißperiode beträgt bei den Jungen gerade 0,97 Jahre, die längste 5,01 Jahre. Bei den Mädchen wurden für den kürzesten Zeitraum 0,95 Jahre, für den längsten 5,8 Jahre ermittelt. Diese Extremwerte sind damit für beide Geschlechter etwa gleich, spiegeln aber für das gesamte Probandengut eine beträchtliche Variabilität wider. Zu dem von uns angenommenen Ende (Durchbruch des letzten Zahnes der zweiten Wechselgebißphase) haben allerdings noch nicht alle Zähne die Okklusions-ebene erreicht.

Erwartungsgemäß weisen bei beiden Geschlechtern die ersten Prämolaren im Oberkiefer und die Eckzähne für den Unterkiefer das früheste Durchbruchsalter auf. Als letzter Zahn der zweiten Wechselgebißphase bricht bei den Jungen in beiden Kiefern, bei den Mädchen im Oberkiefer der zweite Molar in die Mundhöhle durch. Im Unterkiefer der Mädchen dagegen beendet der zweite Prämolar die Wechselgebißperiode. Hier weisen aber die relativ hohen Streuungswerte auf Unregelmäßigkeiten im Durchbruchverhalten hin.

Die Schwankungsbreite der Durchbruchstermine beträgt bei beiden Geschlechtern sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer etwa zwischen  $\pm 10,5$  und  $\pm 15$  Monaten, wobei die Mädchen etwas höhere Werte aufweisen. Im Durchschnitt schwanken die Durchbruchzeiten der Zähne in unserem Probandengut bei den Jungen um  $\pm 1$  Jahr und 20 Tage, bei den Mädchen um  $\pm 1$  Jahr und 2 Monate um das errechnete mittlere Durchbruchsalter.

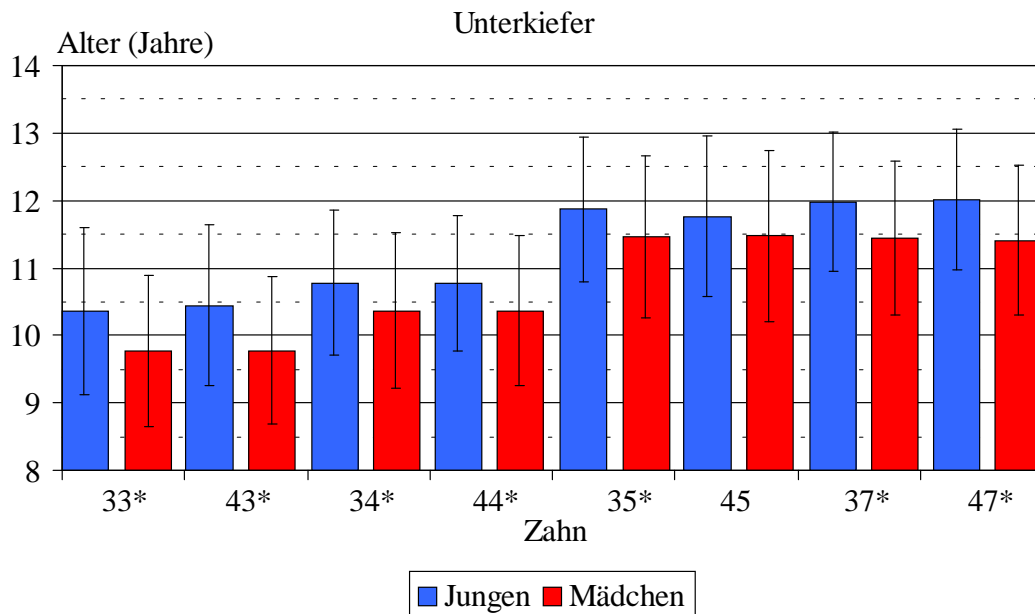
In den Abbildungen 3 und 4 wird deutlich, daß die Zähne der 2. Phase der Wechselgeißperiode bei den Mädchen generell früher durchbrechen als bei den Jungen. Der Unterschied beträgt in unserem Probandengut im Durchschnitt 5 Monate. Als Maximalwert wurden für den Zahn 43 (unterer rechter Eckzahn) 8 Monate, als Minimum für den Zahn 25 (oberer linker zweiter Prämolare) 1,5 Monate ermittelt.

Abb. 3: Mittlere Durchbruchzeiten der Zähne der 2. Wechselgeißphase – Oberkiefer –



\* Geschlechtsunterschied signifikant ( $p < 0,05$ )

Abb. 4: Mittlere Durchbruchzeiten der Zähne der 2.Wechselgeißphase – Unterkiefer –



\* Geschlechtsunterschied signifikant ( $p < 0,05$ )

Beim Vergleich der Mittelwerte der Durchbruchzeiten zwischen den Geschlechtern mittels t-Test ergaben sich bei fast allen Zähnen signifikante Unterschiede mit Ausnahme der folgenden:

- 14; 24 (erster Prämolare im rechten bzw. linken Oberkiefer)
- 15; 25 (zweiter Prämolare im rechten bzw. linken Oberkiefer)
- 45 (zweiter Prämolare im rechten Unterkiefer).

Zwischen den Zähnen gleichen Typs innerhalb eines Kiefers konnten sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen keine signifikanten Unterschiede der mittleren Eruptionstermine festgestellt werden (Rechts–Links–Vergleich). Der Durchbruch erfolgte hier sehr synchron.

Beim Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer (Oben–Unten–Vergleich) zeigten sich sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen der Jenaer Längsschnittstudie bei den Eckzähnen und den zweiten Molaren signifikante Unterschiede der Eruptionszeitpunkte (Tab. 4). Beide Zahntypen brechen sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen im Unterkiefer früher als im Oberkiefer durch. Ein gleiches Verhalten, allerdings mit wesentlich geringeren Zeitabständen, ist auch für die ersten und zweiten Prämolaren bei den Mädchen festzustellen. Bei den Jungen erfolgt der Durchbruch der beiden Prämolaren zuerst im Oberkiefer, auch hier mit nur sehr geringem Zeitvorsprung.

Tab. 4: Mittlere Durchbruchszeiten für gleiche Zahntypen je Kiefer

	Zahn	Oberkiefer			Unterkiefer			signifikante Unterschiede zw. Ober- u. Unterkiefer *
		$\bar{x}$ (Jahre)	s (Jahre)	n (Fälle)	$\bar{x}$ (Jahre)	s (Jahre)	n (Fälle)	
Jungen	<b>3</b>	11,25	1,02	74	10,40	1,20	74	+
	<b>4</b>	10,75	1,00	76	10,78	1,04	77	--
	<b>5</b>	11,62	0,94	72	11,84	1,12	67	--
	<b>7</b>	12,34	0,85	71	12,01	1,02	75	+
Mädchen	<b>3</b>	10,74	1,11	76	9,78	1,07	82	+
	<b>4</b>	10,48	1,19	78	10,38	1,11	80	--
	<b>5</b>	11,48	1,23	76	11,47	1,17	73	--
	<b>7</b>	11,94	1,01	70	11,40	1,08	75	+

\* t-Test ( $p < 0,05$ )

### 5.1.2. Durchbruchsreihenfolge

Für die Bestimmung aller im Probandengut auftretenden Variationen der Dentitionsfolge während der zweiten Wechselgebissphase wurden nur jene Kinder ausgewählt, bei denen mindestens der Eckzahn (Zahn 3) und der erste Prämolare (Zahn 4) bis zum Ende der Untersuchungen durchgebrochen waren. Für die Jungen wurden dabei 39 Variationen im Oberkiefer und 40 Variationen im Unterkiefer ermittelt. Bei den Mädchen stellten wir 38 Variationen im Oberkiefer und 37 Variationen im Unterkiefer fest. Faßt man Ober- und Unterkiefer sowie beide Geschlechter zusammen, können bei den Jenaer Kindern 64 verschiedene Durchbruchsequenzen festgestellt werden. Darin kommt eine beträchtliche Variabilität zum Ausdruck. Die jeweils 10 häufigsten Eruptionsequenzen dieser Längsschnittbetrachtung sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tab. 5: Häufigkeiten unterschiedlicher Zahndurchbruchsequenzen

Sequenz	Jungen		Mädchen		
	absolut	relativ (%)	absolut	relativ (%)	
Oberkiefer (n = 149)	3 4 5 7	5	3,4	6	4,0
	4 3 5 7	20	13,4	12	8,0
	4 5 3 7	10	6,7	1	0,7
	3=4 5 7	19	12,8	11	7,3
	3=4 5=7	6	4,0	12	8,0
	3=4=5 7	6	4,0	8	5,3
	4 3 5=7	4	2,7	9	6,0
	4 3=5 7	18	12,1	23	15,3
	4 3=5=7	5	3,4	4	2,7
	3=4 5 *	5	3,4	6	4,0
Unterkiefer (n = 146)	weitere	51	34,1	58	38,7
	3 4 5 7	17	11,6	20	12,7
	3 4 7 5	12	8,2	19	12,0
	4 3 5 7	3	2,1	7	4,4
	3=4 5 7	16	11,0	19	12,0
	3=4 7 5	5	3,4	6	3,8
	3 4 5=7	13	8,9	6	3,8
	3 4=5 7	3	2,1	5	3,2
	3 4=7 5	5	3,4	10	6,3
	3=4 5=7	12	8,2	6	3,8
Oberkiefer (n = 150)	3 4=5=7	5	3,4	6	4,0
	weitere	55	37,7	54	34,2
	3 4 5 7	17	11,6	20	12,7
	3 4 7 5	12	8,2	19	12,0
	4 3 5 7	3	2,1	7	4,4
	3=4 5 7	16	11,0	19	12,0
	3=4 7 5	5	3,4	6	3,8
	3 4 5=7	13	8,9	6	3,8
	3 4=5 7	3	2,1	5	3,2
	3 4=7 5	5	3,4	10	6,3
Unterkiefer (n = 158)	3=4 5=7	12	8,2	6	3,8
	3 4=5=7	5	3,4	6	3,8
	weitere	55	37,7	54	34,2
	3 4 5 7	17	11,6	20	12,7
	3 4 7 5	12	8,2	19	12,0
	4 3 5 7	3	2,1	7	4,4
	3=4 5 7	16	11,0	19	12,0
	3=4 7 5	5	3,4	6	3,8
	3 4 5=7	13	8,9	6	3,8
	3 4=5 7	3	2,1	5	3,2

\*  $\triangleq$  für den Zahn 7 wurde kein Durchbruch registriert

n  $\triangleq$  Anzahl der ausgewerteten Fälle

=  $\triangleq$  Durchbruch erfolgt im Abstand von max.  $\pm$  3 Monaten



Hinsichtlich der Anzahl der Varianten und ihrer Häufigkeitsverteilung bestehen sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Im Einzelnen konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

1. Oberkiefer der Jungen:

Hier brechen die Zähne am häufigsten in der Reihenfolge 4 3 5 7 (13,4 %) sowie den fast identischen Folgen 3=4 5 7 (12,8 %) und 4 3=5 7 (12,1 %) durch. Nur noch etwa halb so häufig (6,7 %) kommt es zur Durchbruchfolge 4 5 3 7. Bei etwa einem Drittel der Oberkieferquadranten erfolgt der Zahnwechsel in 29 nicht aufgeführten Varianten, wobei die meisten in jeweils weniger als 1 % auftreten.

2. Oberkiefer der Mädchen:

Bei den Mädchen erfolgt der Seitenzahnwechsel im Oberkiefer am häufigsten in der Reihenfolge 4 3=5 7 (15,3 %). Die fast identischen Varianten 4 3 5 7 und 3=4 5 7 treten bei weiteren 15,3 % auf. Dagegen kommt es nur in einem einzigen Fall (0,7 %) zur Durchbruchfolge 4 5 3 7. 28 in der Tabelle nicht aufgeführte Durchbruchsequenzen treten in jeweils weniger als 2 % der Oberkieferquadranten auf.

3. Unterkiefer der Jungen:

Im Unterkiefer ist bei den Jungen die Sequenz 3 4 5 7 (11,6 %) am häufigsten vertreten. In einem weiteren Drittel der Unterkieferquadranten sind Durchbruchmuster mit nur geringfügigen Abweichungen von dieser Sequenz (einzelne Zähne dieser Reihenfolge brechen gleichzeitig durch) zu verzeichnen. In 15 % der Quadranten kommt es zu den Folgen 3 4 7 5, 3=4 7 5 und 3 4=7 5, eruptiert also der 2. Molar vor dem 2. Prämolaren. Die 31 weiteren differenten Reihenfolgen treten in knapp 40 % der untersuchten Fälle mit jeweils weniger als 2,1 % auf.

4. Unterkiefer der Mädchen:

Im Unterkiefer der Mädchen tritt, wie bei den Jungen, ebenfalls das Eruptionsmuster 3 4 5 7 mit 12,7 % am häufigsten auf. Fast identische Durchbruchsequenzen (paarweiser Durchbruch bei ansonsten gleicher Reihenfolge) stellten wir bei weiteren 26,6 % der Fälle fest. Bei 18,3 % der Unterkieferquadranten kommt es zu den Sequenzen 3 4 7 5, 3=4 7 5 sowie 3 4=7 5.

Die 27 nicht aufgeführten differenten Reihenfolgen, die sich auf etwas mehr als ein Drittel aller Gebißquadranten verteilen, treten in jeweils weniger als 2 % auf.

Die prozentualen Häufigkeiten, mit denen jeder Zahn der zweiten Wechselgebißphase einen der 4 möglichen Rangplätze in der Durchbruchsreihenfolge einnimmt, sind in Tabelle 6 getrennt nach Geschlecht für Ober- und Unterkiefer dargestellt.

Tab. 6: Häufigkeiten der 4 Rangplätze in der Durchbruchsreihenfolge für die Zähne der 2. Wechselgebißphase

Zahn	Oberkiefer						Unterkiefer					
	Rangplatz Häufigkeit (%)					Fallzahl	Rangplatz Häufigkeit (%)					Fallzahl
	1	2	3	4			1	2	3	4		
Jungen	<b>3</b>	21,0	<b>43,5</b>	24,2	11,3	62	<b>82,9</b>	11,3	2,9	2,9		70
	<b>4</b>	<b>84,9</b>	14,0	1,1	0	86	22,4	<b>72,4</b>	5,2	0		58
	<b>5</b>	2,6	15,8	<b>72,4</b>	9,2	76	1,4	2,7	<b>52,7</b>	43,2		74
	<b>7</b>	1,9	2,8	2,8	<b>92,5</b>	107	4,1	2,7	26,0	<b>67,2</b>		73
Mädchen	<b>3</b>	32,2	<b>50,0</b>	10,7	7,1	56	<b>84,0</b>	12,8	2,1	1,1		94
	<b>4</b>	<b>82,7</b>	14,8	2,5	0	81	22,2	<b>68,1</b>	6,9	2,8		72
	<b>5</b>	0	9,1	<b>63,6</b>	27,3	66	1,0	1,0	<b>51,0</b>	47,0		100
	<b>7</b>	2,1	1,1	8,5	<b>88,3</b>	94	3,0	7,1	28,3	<b>61,6</b>		99

Die Rangplätze mit dem höchsten Häufigkeitsanteil sind durch Fettdruck hervorgehoben. Die sich daraus ergebenden Reihenfolgen des Seitenzahnwechsels sind für Jungen und Mädchen gleich:

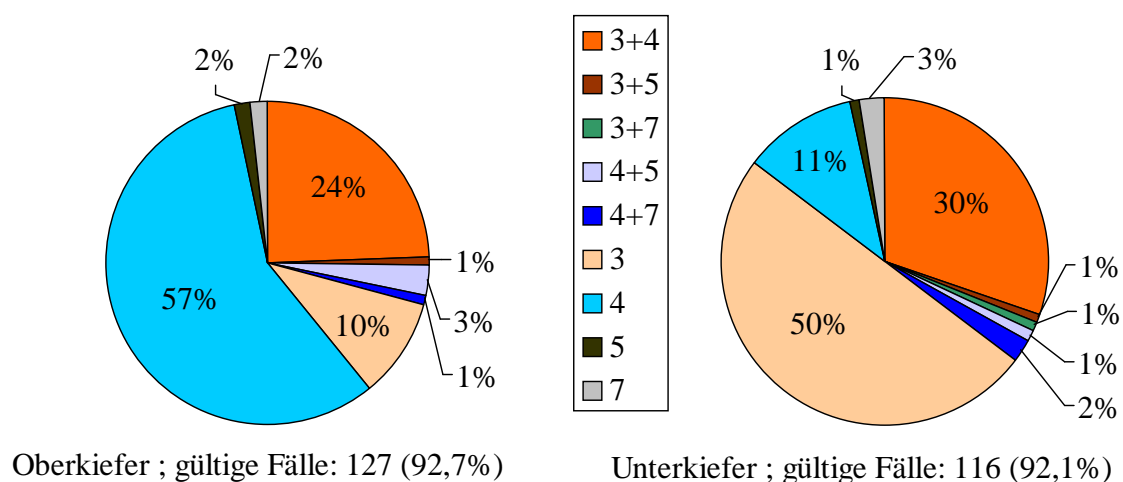
Oberkiefer: 1. Prämolare – Eckzahn – 2. Prämolare – 2. Molare,

Unterkiefer: Eckzahn – 1. Prämolare – 2. Prämolare – 2. Molare.

Das entspricht den in der Längsschnittbetrachtung jeweils am häufigsten auftretenden Durchbruchssequenzen, wenn man die Sequenzen, bei denen zwei Zähne gleichzeitig durchbrechen, außer Acht läßt. Beim Vergleich der Häufigkeiten der einzelnen Rangplätze zwischen den Geschlechtern mittels Chi-Quadrat-Test wurden weder für den Oberkiefer noch für den Unterkiefer signifikante Unterschiede festgestellt.

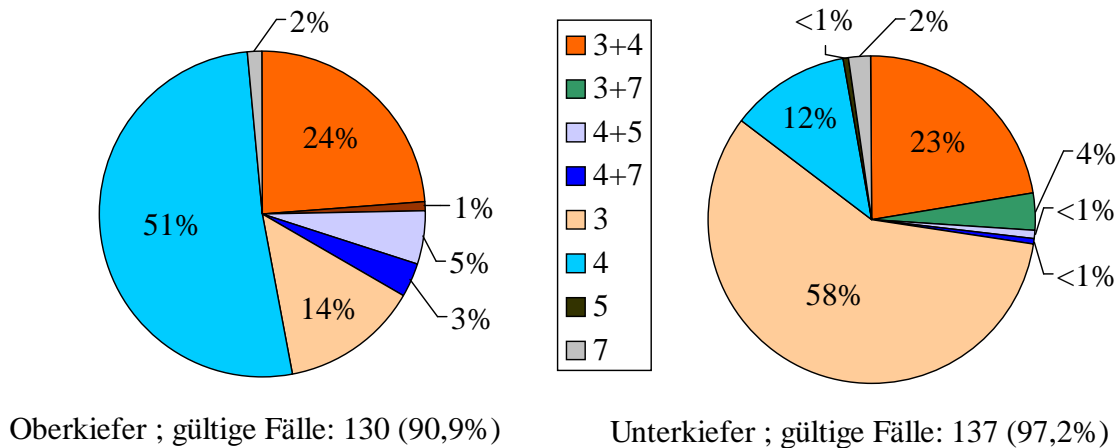
Wie die Ergebnisse der Untersuchungen zur Dentitionsreihenfolge zeigen, kommt es in einigen Fällen zum gleichzeitigen Durchbruch von zwei oder gar drei Zähnen. Als gleichzeitig erfolgt galt ein Durchbruch von zwei oder drei Zähnen aus methodischen Gründen dann, wenn er innerhalb eines Zeitraumes von 3 Monaten erfolgte. Im Interesse der folgenden Betrachtung steht deshalb die Frage, mit welcher Häufigkeit die einzelnen Zähne bzw. die möglichen Zahnpaarungen als erste in der 2. Wechselgebißphase zum Durchbruch kommen. Es konnten über 90 % der Quadranten, bei denen bis zum Ende unserer Untersuchungen mindestens der Eckzahn und beide Prämolaren durchgebrochen waren, in die Analyse einbezogen werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 für die Jungen und in Abbildung 6 für die Mädchen graphisch dargestellt.

Abb. 5: Häufigkeiten, mit denen die Zähne bzw. Zahnpaare der 2. Wechselgebißphase als erste durchbrechen – Jungen –



Bei den Jenaer Jungen beginnt die zweite Wechselgebißphase im Oberkiefer in 57,5 % der Fälle mit dem ersten Prämolaren, gefolgt vom gleichzeitigen Durchbruch des ersten Prämolaren und des Eckzahnes mit 24,4 % und dem Eckzahn mit 10,2 %. Weitere 5 Varianten waren in 7,9 % der Oberkieferquadranten anzutreffen. Im Unterkiefer bricht mit 50 % der Eckzahn am häufigsten als erster Zahn durch. Der gleichzeitige Durchbruch von Eckzahn und erstem Prämolaren erfolgt in 30,2 % der untersuchten Quadranten. In lediglich 13 Fällen (11,2 %) beginnt der Seitenzahnwechsel mit dem ersten Prämolaren. Für die restlichen 6 Möglichkeiten ermittelten wir eine prozentuale Häufigkeit von insgesamt 8,6 %.

Abb. 6: Häufigkeiten, mit denen die Zähne bzw. Zahnpaare der 2. Wechselgebißphase als erste durchbrechen – Mädchen –



Bei den Mädchen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Jungen. Im Oberkiefer bricht auch hier der erste Prämolare am häufigsten als erster Zahn durch (51,5 %). Der gleichzeitige Durchbruch von erstem Prämolaren und Eckzahn erfolgte in 23,9 % der Oberkieferquadranten. Der Eckzahn folgt mit 13,8 %. Die weiteren 4 Varianten verteilen sich auf insgesamt 10,8 % der Fälle.

Im Unterkiefer der Mädchen beginnt die zweite Phase der 2. Dentition in über der Hälfte der Quadranten (57,8 %) mit dem Eckzahn, gefolgt vom gleichzeitigen Durchbruch des Eckzahnes und ersten Prämolaren mit 22,6 %. Der erste Prämolare bricht in nur 16 Fällen (11,7 %) als erster Zahn durch. Für 5 weitere Durchbruchsmuster wurde eine prozentuale Häufigkeit von insgesamt 7,9 % ermittelt, wobei 3 Varianten in jeweils nur einem Gebißquadranten festgestellt wurden.

Zwischen beiden Geschlechtern läßt sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der betrachteten Häufigkeitsverteilung feststellen.

### 5.1.3. Eruptionskurven

Die mittels eines logistischen Modells errechneten Dentitionskurven der Zähne der zweiten Wechselgebissphase geben den biologischen Verlauf der Eruption in der von uns untersuchten Population wieder. Für jede Halbjahresklasse wird die Anzahl der erfolgten Durchbrüche eines bestimmten Zahnes bezogen auf die Anzahl der untersuchten Kinder als prozentuale Häufigkeit dargestellt. Im Ergebnis unserer Berechnungen ergeben sich typische, S-förmige Kurven, die in ihrem Verlauf charakteristisch für viele biologische Prozesse sind. Die Zeitpunkte des Kurvenbeginns und des Kurvenendes definieren den Zeitraum, in dem ein Zahn zum Durchbruch gelangt. Der Anstieg der Kurven kann dagegen als Maß für die Variabilität der Durchbruchstermine des jeweiligen Zahnes bei den Jenaer Kindern angesehen werden. Je flacher die Kurve ansteigt, umso weiter liegen das früheste und späteste festgestellte Durchbruchsalter für diesen Zahn auseinander. Ein steiler Kurvenverlauf deutet dagegen auf eine geringe Streuung der Alterswerte in unserem Probandengut hin. Der Alterswert, zu dem 50 % der untersuchten Individuen einen bestimmten Zahn aufweisen, entspricht dem Median der Durchbruchszeitpunkte. Darüber hinaus kann aus den Durchbruchskurven der Eruptionsstand in einem bestimmten Alter ermittelt werden.

In den Abbildungen 7 – 10 sind die Eruptionskurven für jeweils die gleichen Zahntypen eines Kiefers bei beiden Geschlechtern dargestellt.

Abb. 7: Eruptionskurven der Eckzähne des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen

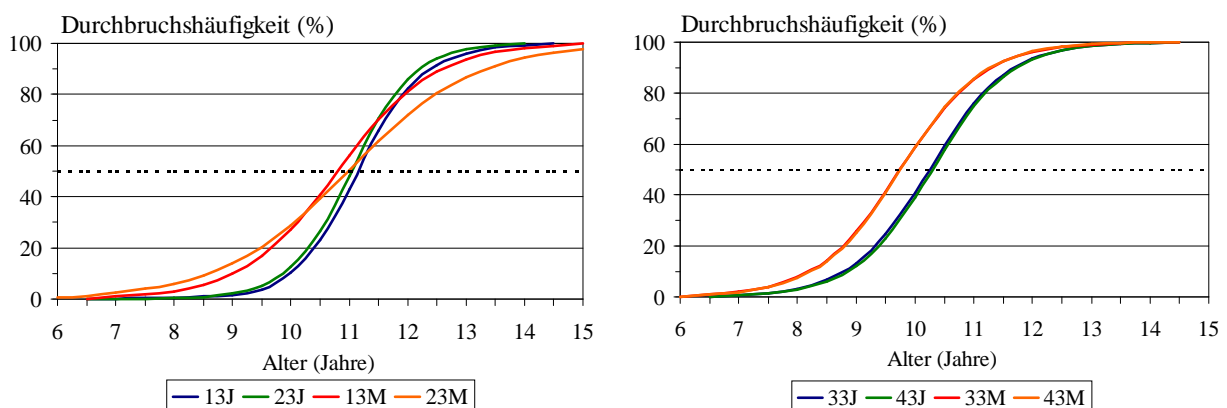


Abb. 8: Eruptionskurven der 1. Prämolaren des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen

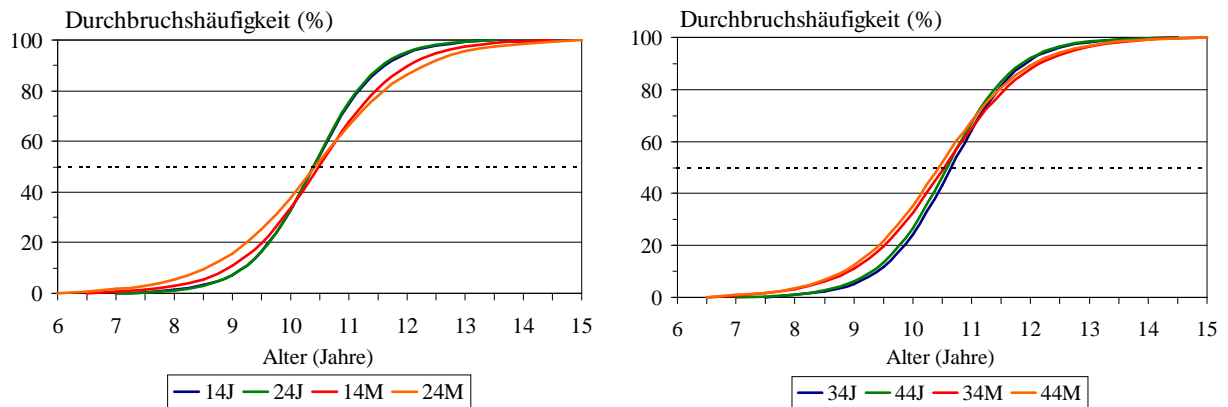


Abb. 9: Eruptionskurven der 2. Prämolaren des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen

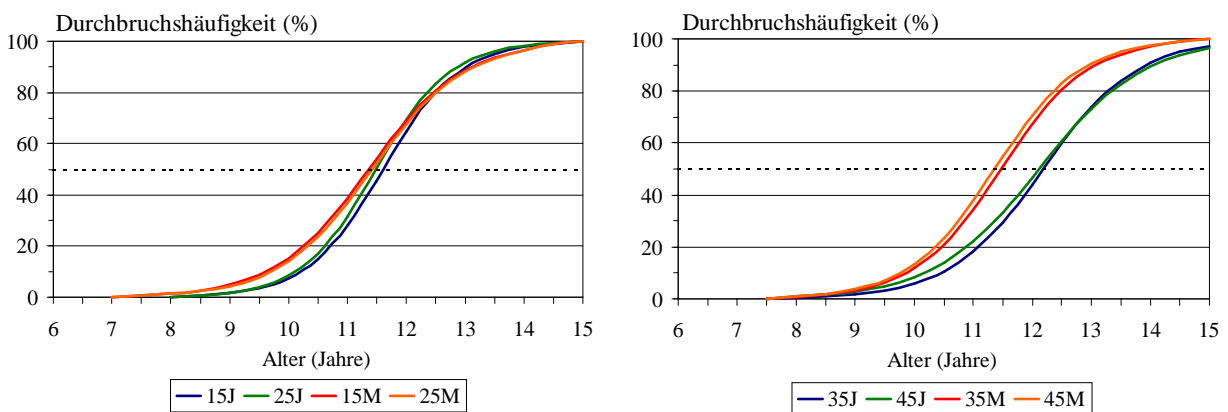
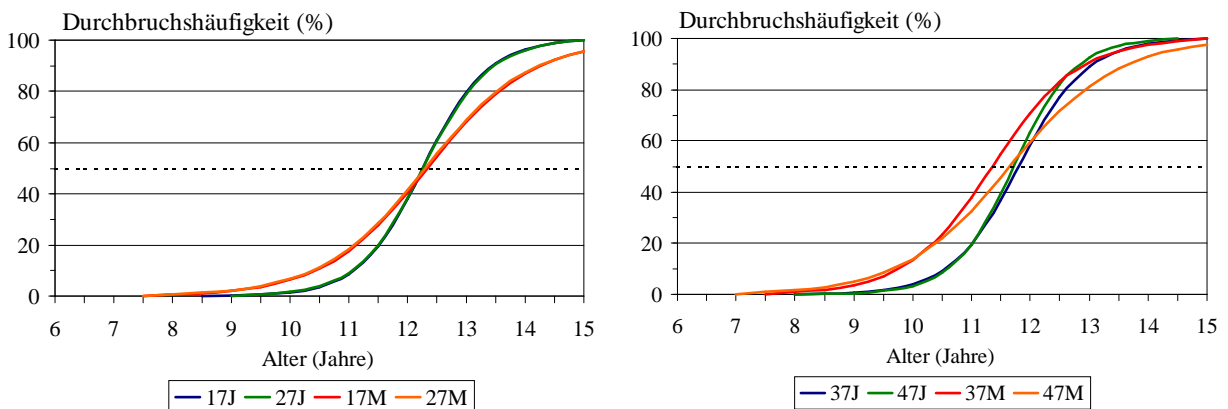


Abb. 10: Eruptionskurven der 2. Molaren des Oberkiefers (links) und Unterkiefers (rechts), Jungen und Mädchen



Die vorliegenden Eruptionskurven zeigen einen generellen Geschlechterunterschied. Für alle Zähne ist bei den Jungen ein späterer Beginn des Zahnwechsels feststellbar. Dagegen ist die Eruption der Eckzähne und der zweiten Molaren im Oberkiefer sowie der ersten Prämolaren in Ober- und Unterkiefer bei den Jungen früher beendet als bei den Mädchen. Etwa zum gleichen Zeitpunkt erfolgt bei beiden Geschlechtern der Abschluß des Durchbruchs der Eckzähne und der zweiten Molaren im Unterkiefer sowie der zweiten Prämolaren im Oberkiefer. Dieser spätere Beginn aber frühere bzw. gleichzeitige Abschluß des Durchbruchs deutet auf eine geringere Streuung der Eruptionstermine dieser Zähne bei den Jungen hin.

Die Eruptionskurven der Zähne vom gleichen Typ innerhalb eines Kiefers verlaufen sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen fast parallel. Das deutet auf ein gleiches Durchbruchsverhalten hin. Bei den Eckzähnen des Unterkiefers und den zweiten Molaren im Oberkiefer beider Geschlechter sowie den ersten Prämolaren der Jungen und den zweiten Prämolaren der Mädchen im Oberkiefer verlaufen die Kurven nahezu identisch, was zusätzlich ein Indiz für annähernd gleiche Durchbruchszeitpunkte ist. Eine Ausnahme hiervon bilden lediglich die Eckzähne und ersten Prämolaren des Oberkiefers bei den Mädchen und die zweiten Molaren im Unterkiefer beider Geschlechter, wo deutliche Abweichungen zwischen jeweils rechter und linker Kieferhälfte feststellbar sind.

An den Eruptionskurven der Zähne 35 und 45 bei den Jungen sowie 23, 17, 27 und 47 bei den Mädchen fällt auf, daß sie bis zu einem Alter von 15 Jahren nicht den 100 %-Wert der Durchbruchshäufigkeit erreichen. Das kann nach unserer Meinung auf folgende Ursachen zurückzuführen sein:

- verzögerter Durchbruch auf Grund einer Durchbruchsbehinderung,
- Nichtanlage des Zahnes,
- Extraktion des Zahnes wegen einer kieferorthopädischen Indikation oder kariöser Zerstörung.

Um einen Vergleich innerhalb eines Kiefers zu ermöglichen, wurde für jede Altersklasse der Mittelwert aus der prozentualen Durchbruchshäufigkeit der Zähne gleichen Typs jeweils im Ober- und Unterkiefer gebildet und ebenfalls eine Berechnung zur Kurvenanpassung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 11 und 12 dargestellt.

Abb. 11: Zeitlicher Ablauf der zweiten Wechselgebißphase im Oberkiefer  
bei Jungen (links) und Mädchen (rechts)

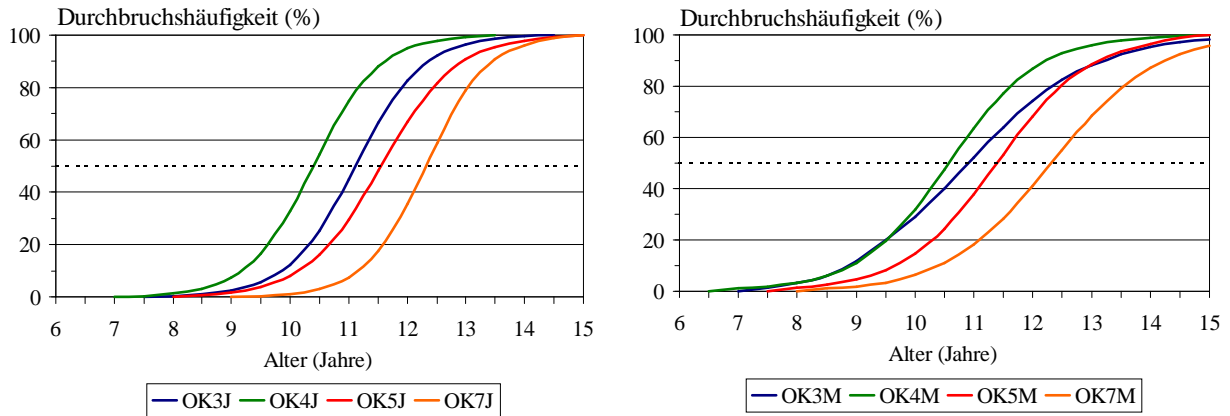
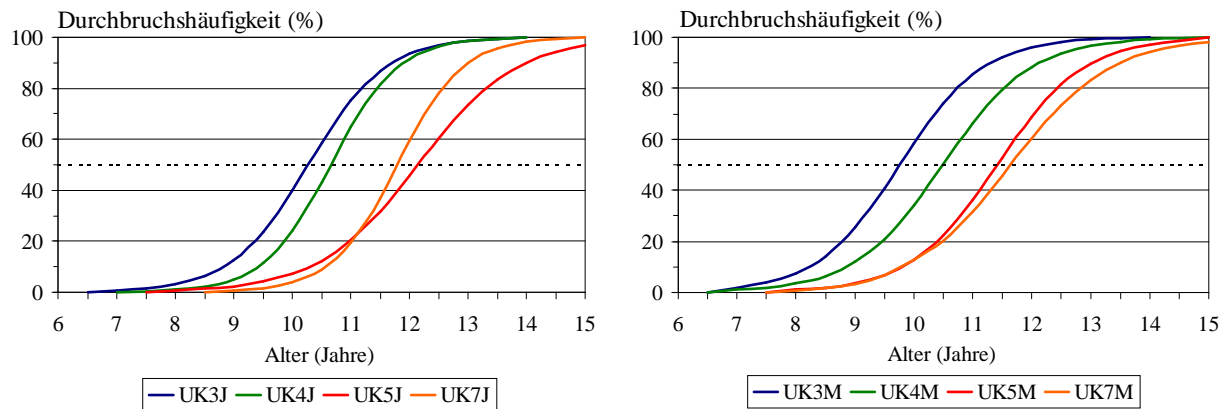


Abb. 12: Zeitlicher Ablauf der zweiten Wechselgebißphase im Unterkiefer  
bei Jungen (links) und Mädchen (rechts)



Der Vergleich der Kurven in Höhe des 50 %-Wertes der Durchbruchshäufigkeit entspricht den Ergebnissen unserer Untersuchungen zur Reihenfolge des Zahndurchbruchs. Eine Ausnahme stellt der zweite Prämolare der Jungen im Unterkiefer dar. Dieser beginnt zwar früher durchzubrechen als der zweite Molar, die Eruptionskurve verläuft allerdings wesentlich flacher, so daß sich beide Kurven bei einem Alter von etwa 11 Jahren schneiden. Der Durchbruchsstand von 50 % wird vom ersten Prämolaren etwa ein halbes Jahr nach dem zweiten Molaren erreicht.



Generell ist bei den Jungen ein steilerer Kurvenverlauf als bei den Mädchen zu beobachten. Dies deutet auf eine kürzere Eruptionsphase bei den Jungen hin. Eine Ausnahme bildet wiederum der zweite Prämolare im Unterkiefer der Jungen.

Beim Vergleich zwischen den Zahntypen fällt, außer im Oberkiefer der Jungen, ein unterschiedliches Durchbruchverhalten der Zähne auf, teilweise sogar mit Überschneidungen der Eruptionskurven verschiedener Zahntypen.

#### 5.1.4. Bestimmung des Zahnalters

Zur Aufstellung einer Zahnaltertabelle für die Jenaer Kinder wurde die durchschnittliche Anzahl aller Dentis permanentes der gesamten 2. Dentition zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten bestimmt. Wir erhielten folgende Ergebnisse (Tab. 7):

Tab. 7: Die mittlere Zahnzahl der Kinder aus dem Jenaer Stadtgebiet

Alter (Jahre)	Jungen			Mädchen			signifikante Unterschiede zw. Geschlechtern *
	n (Fälle)	$\bar{x}$ (Zähne)	s (Zähne)	n (Fälle)	$\bar{x}$ (Zähne)	s (Zähne)	
5,5	82	1	2,0	96	2	2,4	+
6,0	78	3	2,7	97	4	2,7	+
6,5	71	6	2,8	92	7	2,9	+
7,0	73	8	2,6	87	9	3,0	+
7,5	82	10	2,4	92	10	2,4	+
8,0	87	11	2,0	95	11	1,5	+
8,5	88	12	1,5	90	12	1,6	+
9,0	88	12	1,8	81	13	2,8	+
9,5	86	13	2,2	82	15	3,6	+
10,0	82	15	3,2	82	17	4,2	+
10,5	78	17	4,4	78	19	4,6	+
11,0	78	20	4,9	72	21	4,5	+
11,5	78	22	4,8	76	24	4,2	+
12,0	83	23	4,4	79	25	4,1	+
12,5	75	25	3,2	77	26	3,6	+
13,0	70	26	2,5	75	26	3,1	
13,5	67	27	1,7	66	27	3,0	
14,0	60	27	0,9	68	27	2,5	
14,5	39	27	0,9	39	27	2,5	
15,0	8	28	0,7	7	28	1,5	

\* Überprüfung erfolgte mittels U-Test (1-seitig,  $p < 0,05$ )

Die Tabelle zeigt einen generellen Geschlechterunterschied in der Anzahl der durchgebrochenen permanenten Zähne in unserem Probandengut. Zu fast allen Untersuchungszeitpunkten während der zwei Wechselgebißphasen weisen die Mädchen einen Entwicklungsvorlauf auf, der durch eine höhere Zahnzahl gekennzeichnet ist. In den Altersklassen 7,5; 8,0 und 8,5 sowie ab der Altersklasse 13,0 sind die Zahnzahlen in beiden Geschlechtern gleich. Der 1-seitige U-Test nach MANN-WHITNEY ergibt signifikante Geschlechtsunterschiede für die Zahnzahl in den Altersklassen 5,5 bis 12,5. In den Altersklassen 7,5; 8,0 und 8,5 steht dieses Testergebnis auf den ersten Blick im Widerspruch dazu, daß für diese drei Altersklassen in der Tabelle die gleiche mittlere Zahnzahl und nahezu gleiche Streuungswerte angegeben werden. Dies ist auf die Rundung der Zahnzahl auf ganzzahlige Werte (die errechneten Dezimalzahlen zeigen bei den Mädchen höhere Werte) und den Umstand zurückzuführen, daß der verwendete U-Test nach MANN-WHITNEY nicht Mittelwerte vergleicht, sondern auf Unterschiede hinsichtlich der zentralen Tendenz von Verteilungen prüft (JANSSEN und LAATZ 1999).

Das Ende der ersten Wechselgebißphase ist definiert durch den erfolgten Durchbruch der ersten Molaren sowie der mittleren und seitlichen Schneidezähne in beiden Kiefern. Dieses Stadium von 12 permanenten Zähnen wird von beiden Geschlechtern gleichzeitig in der Altersklasse 8,5 erreicht. Die sich anschließende Wechsellpause zeigt sich bei den Jungen deutlicher in einer kurzzeitigen Konstanz der Zahnzahl. Für die Mädchen ist um diese Zeit ein leichter Rückgang der Standardabweichung feststellbar. Die zweite Wechselgebißphase endet mit dem erfolgten Durchbruch aller Dentes permanentes mit Ausnahme der Weisheitszähne. Die Kinder besitzen zu diesem Zeitpunkt 28 bleibende Zähne. Bei den Jenaer Kindern wird dieses Stadium im Mittel in der Altersklasse 15,0 erreicht.

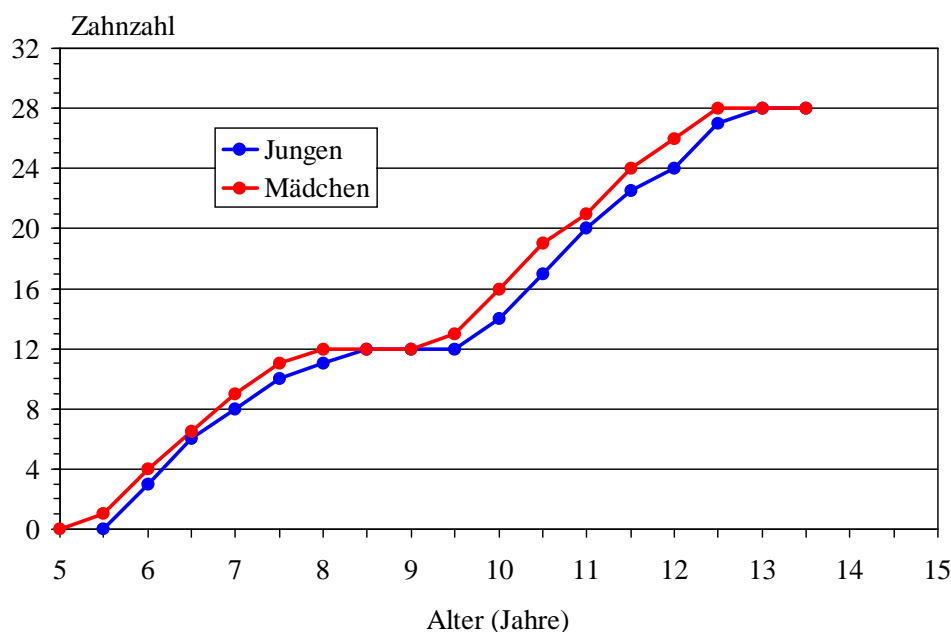
Der phasenhafte Ablauf der 2. Dentition zeigt sich ebenfalls am Verhalten der Standardabweichung. Während sie in der ersten Wechselgebißphase relativ konstant in ihrer Größe bleibt, ist mit dem Beginn der Wechsellpause ein Rückgang zu verzeichnen. So zeigt sich bei den Mädchen in der Altersklasse 8,0 ein Absinken der Standardabweichung um 37,5 %. Bei den Jungen ist dieser Rückgang in der Altersklasse 8,5 mit 25 % weniger deutlich. Während der zweiten Wechselgebißphase steigt die Standardabweichung bei den Jungen schnell bis auf ihren Höchstwert von  $s = 4,9$  Zähne in der Altersklasse 11,0 an. Bei den Mädchen wird dieser Höhepunkt ( $s = 4,6$  Zähne) früher (Altersklasse 10,5) erreicht.

Dieses Verhalten ist Ausdruck eines variationsreichen Dentitionsgeschehens, besonders während der zweiten Phase der 2. Dentition.

Zum Ende der 2. Dentition (Stadium von 28 permanenten Zähnen) ist der Rückgang der Werte der Standardabweichung bei den Jungen besonders auffällig.

Zur graphischen Darstellung des Phasenverlaufs der 2. Dentition wurde deshalb für jede Altersklasse der Median der Anzahl bleibender Zähne bestimmt, da dieser im Gegensatz zum arithmetischen Mittel von Extremwerten unbeeinflusst bleibt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 dargestellt. Für beide Geschlechter wird der Beginn und die Dauer der beiden Phasen der 2. Dentition sowie der dazwischen gelagerten Wechsellpause gezeigt.

Abb. 13: Der Median der Zahnzahl bei den Jenaer Kindern



Auch bei der Betrachtung des Medians zeigt sich, wie schon bei den Mittelwerten, daß die Mädchen zu allen Untersuchungszeitpunkten während der beiden Eruptionsphasen eine höhere Anzahl permanenter Zähne aufweisen. Der zeitliche Vorsprung der Mädchen beträgt sowohl zu Beginn der ersten Wechselgebißphase als auch beim Eintritt in die Wechsellpause sowie zu Beginn und am Ende der zweiten Wechselgebißphase eine Halbjahresklasse.

Die Ruhepause zwischen den beiden Durchbruchphasen der 2. Dentition (Stadium von 12 permanenten Zähnen) beginnt bei den Mädchen in der Altersklasse 8,0, bei den Jungen in der Altersklasse 8,5 und erstreckt sich bei beiden Geschlechtern über 3 Halbjahresklassen. Das entspricht einem Zeitraum von mindestens 0,52 Jahren bis maximal 1,48 Jahren oder durchschnittlich einem Jahr.

Tabelle 8 zeigt die Definition der 3 Gruppen Frühzahner, Normalzahner und Spätzahner für jede Altersklasse anhand der mittleren Anzahl vorhandener permanenter Zähne und der Standardabweichung. Die Einteilung stellt die Grundlage für die Zuordnung der Jenaer Kinder zu den Zahnungsgruppen dar. Diese Zuordnung jedes Kindes gilt für die gesamte Dauer des Längsschnitts und ist Ausgangspunkt für die späteren Betrachtungen zur körperlichen Entwicklung der Jenaer Jungen und Mädchen.

Tab. 8: Gruppeneinteilung mittels der Anzahl der permanenten Zähne

Alter (Jahre)	Jungen			Mädchen		
	Spätzahner (Zähne)	Normalzahner (Zähne)	Frühzahner (Zähne)	Spätzahner (Zähne)	Normalzahner (Zähne)	Frühzahner (Zähne)
5,5	--	0 - 3	> 3	--	0 - 4	> 4
6,0	0	1 - 6	> 6	< 2	2 - 6	> 6
6,5	< 3	3 - 8	> 8	< 4	4 - 9	> 9
7,0	< 6	6 - 10	> 10	< 6	6 - 11	> 11
7,5	< 8	8 - 11	> 11	< 8	8 - 12	> 12
8,0	< 9	9 - 12	> 12	< 10	10 - 12	> 12
8,5	< 11	11 - 13	> 13	< 11	11 - 13	> 13
9,0	< 11	11 - 14	> 14	< 11	11 - 16	> 16
9,5	< 12	12 - 15	> 15	< 12	12 - 18	> 18
10,0	< 12	12 - 18	> 18	< 13	13 - 21	> 21
10,5	< 13	13 - 21	> 21	< 15	15 - 23	> 23
11,0	< 15	15 - 24	> 24	< 17	17 - 25	> 25
11,5	< 17	17 - 26	> 26	< 20	20 - 27	> 27
12,0	< 19	19 - 27	> 27	< 21	21 - 28	--
12,5	< 23	23 - 28	--	< 23	23 - 28	--
13,0	< 24	24 - 28	--	< 24	24 - 28	--
13,5	< 26	26 - 28	--	< 24	24 - 28	--
14,0	< 27	27 + 28	--	< 25	25 - 28	--
14,5	< 27	27 + 28	--	< 25	25 - 28	--
15,0	< 28	28	--	< 26	26 - 28	--

In einem ersten Vergleich hinsichtlich des Dentitionsablaufs zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Zahnungsgruppen. Zur Darstellung wurde wiederum der Median der Anzahl vorhandener bleibender Zähne in den einzelnen Dentitionsgruppen verwendet.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 14 für die Jungen und in Abbildung 15 für die Mädchen dargestellt. Für beide Geschlechter wird ein graphischer Vergleich zwischen den Zahnungsgruppen in Bezug auf Beginn und Ende der 2. Dentition sowie Beginn und Dauer der Pause zwischen erster und zweiter Wechselgebissphase ermöglicht.

Abb. 14: Der Median der Zahnzahl in den Zahnungsgruppen – Jungen –

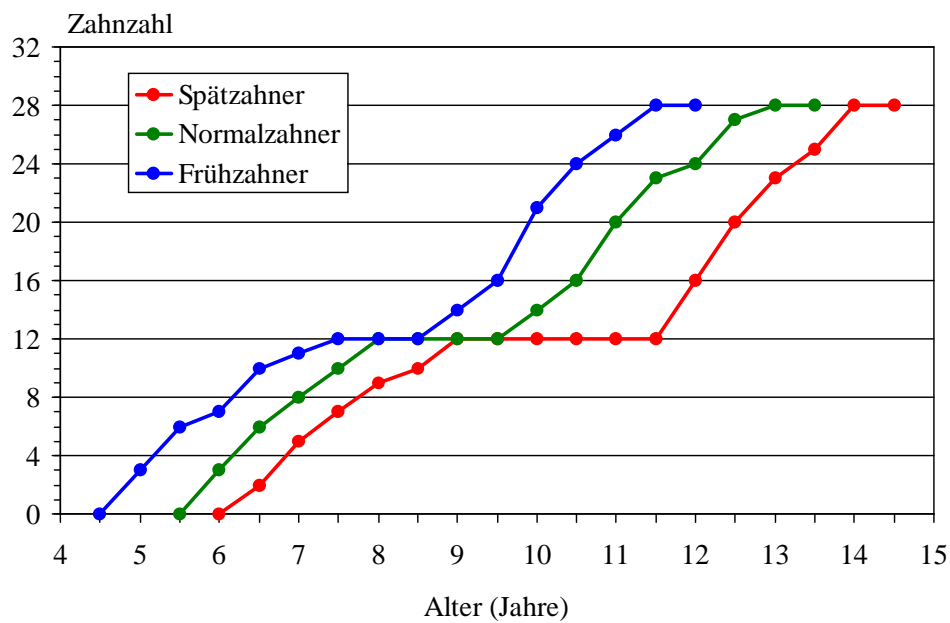
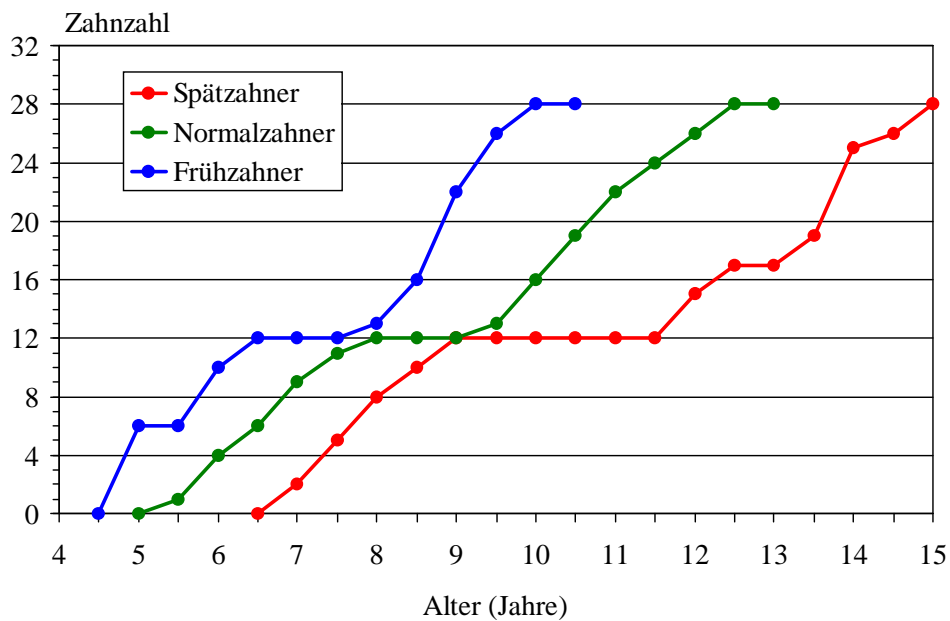


Abb. 15: Der Median der Zahnzahl in den Zahnungsgruppen – Mädchen –



Da die Einteilung der Zahnungsgruppen auf Grundlage der mittleren Zahnzahl erfolgte, zeigen erwartungsgemäß auch die Kurven für den Median bei beiden Geschlechtern Unterschiede zwischen den Dentitionsgruppen. Bei den Frühzähmern beginnt die 2. Dentition früher als bei den Normalzähmern während bei diesen wiederum der Zahnwechsel früher als bei den Spätzähmern einsetzt. Die gleiche Reihenfolge der Gruppen läßt sich beim Abschluß der 2. Dentition feststellen.

#### 1. Betrachtung des Verlaufs bei den Jungen:

Das Ende der ersten Wechselgebißphase und damit den Beginn der Wechsellpause bei den Jungen erreichen die Frühzahner in der Altersklasse 7,5. Die Normalzahner treten in der Altersklasse 8,0 in die Wechsellpause ein und damit eine Halbjahresklasse später als die Frühzahner und 2 Halbjahresklassen früher als die Spätzahner, die dieses Stadium in der Altersklasse 9,0 erreichen. Deutliche Unterschiede zeigen sich vor allem in der Dauer der Pause zwischen den Dentitionsphasen. Bei den Frühzähmern setzt die zweite Wechselgebißphase bereits nach durchschnittlich einem Jahr Pausendauer ein, während sie bei den Normalzähmern nach durchschnittlich 1,5 Jahren und bei den Spätzähmern erst nach durchschnittlich 2,5 Jahren beginnt. In dieser Verlängerung der Wechsellpause liegt möglicherweise die Ursache für die, verglichen mit dem Dentitionsbeginn, vergrößerten Zeitabstände zwischen den Dentitionsgruppen beim Ende der 2. Dentition. Die Frühzahner erreichen dieses Stadium mit 28 permanenten Zähnen 3 Halbjahresklassen vor den Normalzähmern und 5 Halbjahresklassen vor den Spätzähmern. Damit ist die 2. Dentition bis zum Erreichen einer Anzahl von 28 permanenten Zähnen, legt man den Median der Zahnzahl zugrunde, bei den Frühzähmern um eine Halbjahresklasse kürzer als bei den Normalzähmern und bei diesen um eine weitere Halbjahresklasse kürzer als bei den Spätzähmern.

#### 2. Betrachtung des Verlaufs bei den Mädchen:

Bei den Mädchen endet die erste Wechselgebißphase bei den Frühzähmern in der Altersklasse 6,5 und damit eine Halbjahresklasse früher als bei den Jungen. Die Normal- und die Spätzahner erreichen die Wechsellpause wie bei den Jungen in den Altersklassen 8,0 bzw. 9,0. Sowohl bei den Frühzähmern als auch bei den Normalzähmern setzt die zweite Phase der 2. Dentition nach jeweils durchschnittlich einem Jahr Pause ein.

Bei den weiblichen Spätzählern beträgt die Dauer der Wechsellause dagegen durchschnittlich 2,5 Jahre und ist damit genauso lang wie bei den Jungen. Deutlichere Unterschiede zwischen den Zahnungsgruppen zeigen sich bei den Zeitabständen, mit denen die Kinder der drei Gruppen die 2. Dentition beenden. Sie betragen jeweils 5 Halbjahresklassen. Besonders auffällig ist die sehr kurze Zeit von nur 11 Halbjahresklassen, in welcher der Durchbruch aller 28 Zähne der 2. Dentition bei den Frühzählern der Mädchen erfolgt. Das sind 3 Halbjahresklassen weniger als bei den männlichen Frühzählern. Bei den Normalzählern der Mädchen dauert der Durchbruch aller Zähne genauso lange wie bei den Jungen (15 Halbjahresklassen) und ist damit um 4 Halbjahresklassen länger als bei den Frühzählern und um 2 Halbjahresklassen kürzer als bei den weiblichen Spätzählern.

## 5.2. Beziehungen zwischen Zahnalter und körperlicher Entwicklung

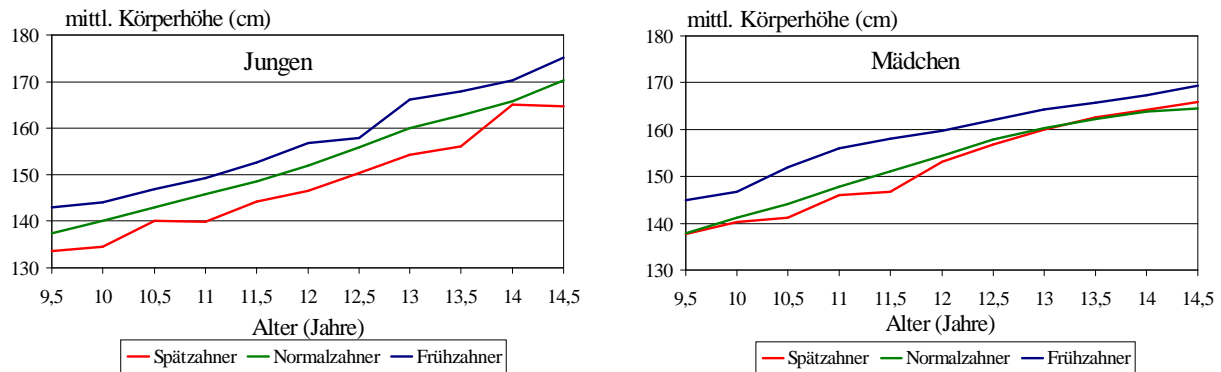
Im Mittelpunkt der folgenden Betrachtungen steht die Frage, in welchem Zusammenhang das Dentitionsgeschehen mit der körperlichen Entwicklung und dem Wachstum im Kopfbereich bei den Jenaer Kindern steht. Für jede der drei Zahnungsgruppen werden verschiedene anthropologische Körper- und Kopfmaße in ihrer Entwicklung dargestellt und zwischen den Gruppen verglichen.

Da die Gruppen der Früh- und Spätzahner teilweise nur sehr geringe Probandenzahlen aufweisen, ermöglichen die folgenden Betrachtungen nur tendenzielle Aussagen.

### 5.2.1. Körperhöhe und BMI

Die Entwicklung der mittleren Körperhöhe und des BMI – Mittelwertes innerhalb der drei Zahnungsgruppen ist, für die Jungen und die Mädchen getrennt, in den folgenden Abbildungen dargestellt (Abb. 16 und 17):

Abb. 16: Entwicklung der mittleren Körperhöhe der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand



Die Frühzahner besitzen bei beiden Geschlechtern zu jedem Untersuchungszeitpunkt eine größere mittlere Körperhöhe als die Normal- und die Spätzahner. Bei den Jungen sind Unterschiede auch zwischen Normal- und Spätzählern feststellbar. Die Werte für die mittlere Körperhöhe der Normalzahner sind hier höher als die der Spätzahner. Bei den Mädchen dagegen verlaufen die Kurven der Spät- und Normalzahner sehr eng beieinander.

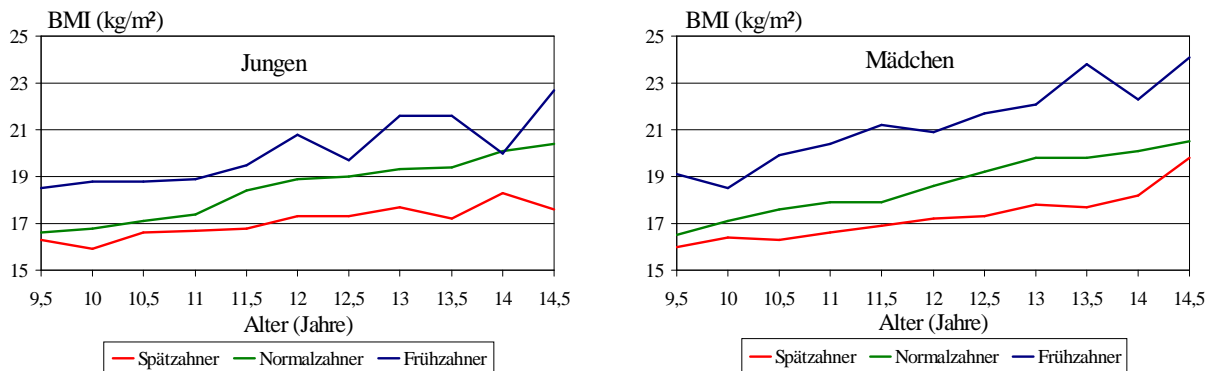
Während die Kurven für die Früh- und die Normalzahner bei beiden Geschlechtern relativ stetig ansteigen, zeigen sich vor allem bei den Jungen und weniger ausgeprägt bei den Mädchen im Kurvenverlauf bei den Spätzählern Phasen einer kurzzeitigen, relativen Konstanz der mittleren Körperhöhenwerte. Diese Phasen fallen zeitlich mit der Pause zwischen erster und zweiter Wechselgebißphase zusammen (vgl. Abb. 14 und Abb. 15). Bei den Jungen wird dies in den Altersklassen 10,5 und 11,0 deutlich. Bei den Mädchen zeigen sich diese Phasen zweimal, in den Altersklassen 10,0 und 10,5 sowie 11,0 und 11,5.

Geschlechtsunterschiede im generellen Kurvenverlauf sind nicht sichtbar.

Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen allen drei Dentitionsgruppen stellten wir bei den Jungen nur zu Beginn der zweiten Wechselgebißphase (Altersklassen 9,5 und 10,0) fest. Im weiteren Verlauf der Dentition fanden wir in den Altersklassen 11,0 und 12,0 signifikant niedrigere Werte der mittleren Körperhöhe bei den Spätzählern gegenüber den Früh- und den Normalzählern (Tab. 9). Bei den Mädchen sind Unterschiede lediglich in der Altersklasse 10,5 zwischen Früh- und Spätzählern sowie zwischen Früh- und Normalzählern statistisch gesichert (Tab. 10).



Abb. 17: Entwicklung des BMI-Mittelwertes der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand



Für den BMI-Mittelwert zeigt sich bei nahezu allen einzelnen Untersuchungen sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen ein tendenzieller Anstieg der Werte in der Reihenfolge Spät-, Normal- und Frühzahner. Diese Differenzen sind bei den Jungen in den Altersklassen 10,0 und 10,5 sowie 14,5 signifikant (Tab. 9). Bei den Mädchen lassen sich signifikante Unterschiede in den Altersklassen 9,5 und 10,5 sowie 12,5 nachweisen (Tab.10).

Tab. 9: Signifikante Mittelwertunterschiede der Körperhöhe und des BMI zwischen den Dentitionsgruppen der Jungen

Körpermerkmal	Alter (Jahre)											Signifikante Unterschiede zwischen: (t-Test, 1-seitig, $p < 0,05$ )
	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
Körperhöhe	X	X		X		X						Spät- und Normalzahnern
	X	X		X		X						Spät- und Frühzahnern
	X	X										Normal- und Frühzahnern
BMI											X	Spät- und Normalzahnern
		X	X								X	Spät- und Frühzahnern
		X	X									Normal- und Frühzahnern

Tab. 10: Signifikante Mittelwertunterschiede der Körperhöhe und des BMI zwischen den Dentitionsgruppen der Mädchen

Körpermerkmal	Alter (Jahre)											Signifikante Unterschiede zwischen: (t-Test, 1-seitig, $p < 0,05$ )
	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
Körperhöhe												Spät- und Normalzahnern
			X									Spät- und Frühzahnern
			X									Normal- und Frühzahnern
BMI							X					Spät- und Normalzahnern
	X		X				X					Spät- und Frühzahnern
	X		X				X					Normal- und Frühzahnern

#### 5.2.2. Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Dentition und Kopfwachstum sind in den folgenden Abbildungen für den Kopfumfang (Abb. 18), die Kopflänge (Abb. 19) und die Kopfbreite (Abb. 20) dargestellt.

Am Anstieg der Kurven wird allgemein deutlich, daß ein Kopfwachstum in dem betrachteten Alterszeitraum kaum noch zu verzeichnen ist. Lediglich beim Kopfumfang sind noch geringe Zunahmen der Werte um 2 bis 3 cm feststellbar.

Vor allem bei den Früh- und Spätzahnern macht sich im Kurvenverlauf die niedrige Probandenzahl bemerkbar. Schon das Fehlen eines einzelnen Probanden in einer der beiden Gruppen zu einem Untersuchungszeitpunkt führt zu einem niedrigeren Mittelwert. Dies unterstreicht die begrenzte Aussagekraft für diese Gruppen.

Abb. 18: Entwicklung des mittleren Kopfumfangs der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand

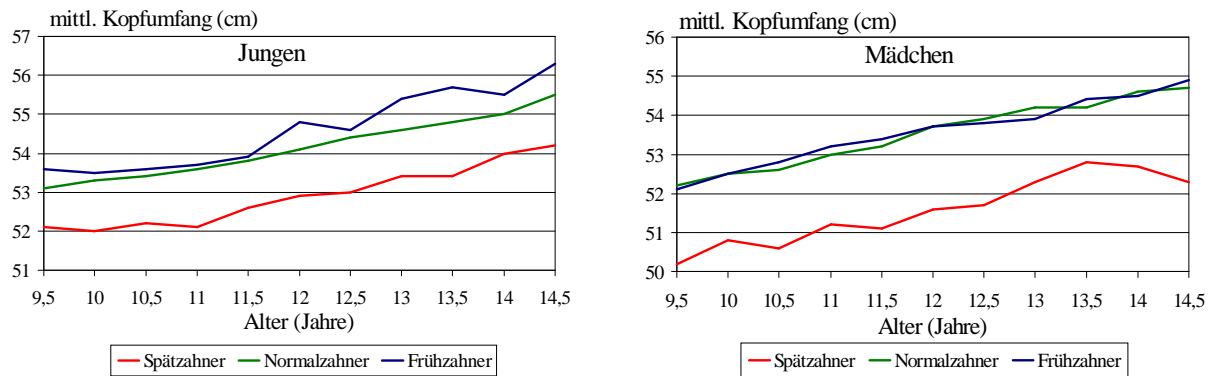


Abb. 19: Entwicklung der mittleren Kopflänge der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand

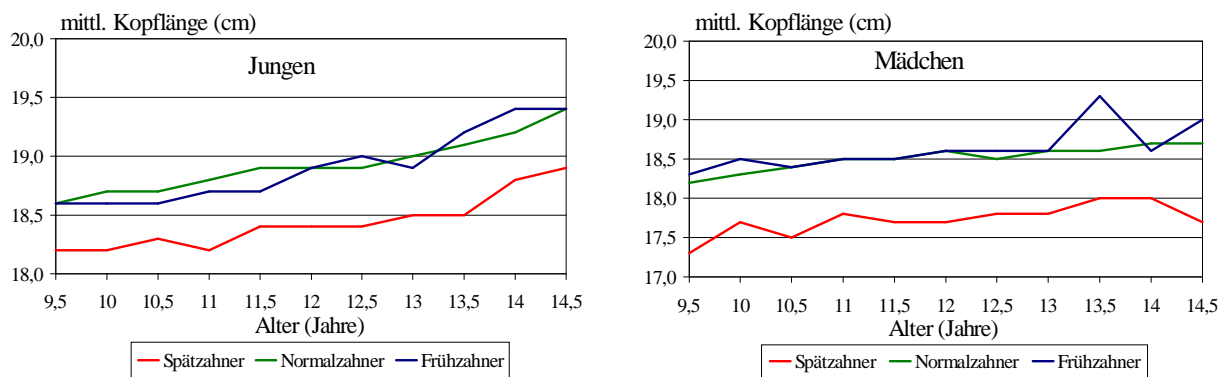
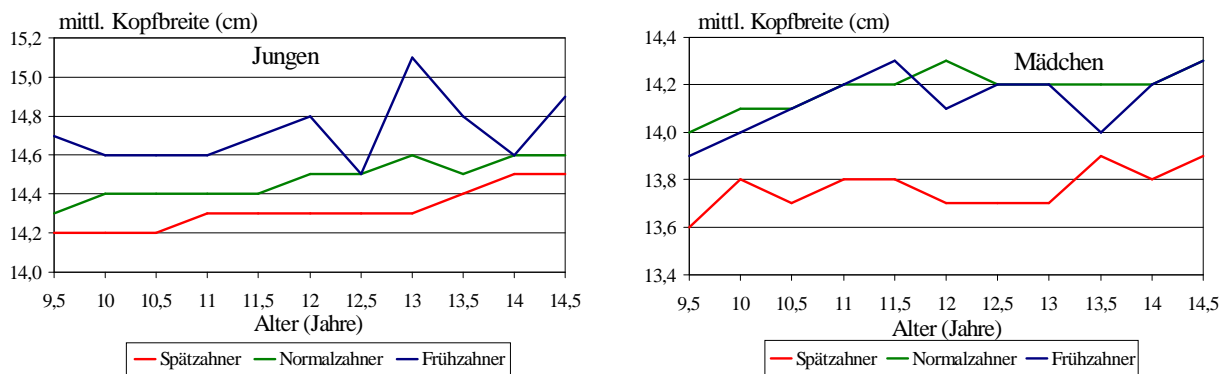


Abb. 20: Entwicklung der mittleren Kopfbreite der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand



Für die drei anthropologischen Maße Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite ergeben sich zu allen Untersuchungszeitpunkten bei den Spätzählern geringere Werte als bei den beiden anderen Dentitionsgruppen. In einigen Altersklassen sind diese Unterschiede relativ gering. Die Kurven der Früh- und Normalzähler verlaufen bei beiden Geschlechtern sehr eng beieinander. Im Vergleich dieser beiden Gruppen weisen zu einem Untersuchungszeitpunkt die Frühzähler die höheren Werte auf, zu einem anderen Untersuchungszeitpunkt die Normalzähler. Ein allgemeiner Trend zu höheren Werten der männlichen Frühzähler gegenüber den Kindern in der Gruppe der Normalzähler zeigt sich nur bei der Kopfbreite.

Ein genereller Geschlechterunterschied ist im Kurvenverlauf nicht zu erkennen.

Die statistische Prüfung ergibt bei den Jungen lediglich für den Kopfumfang in der Altersklasse 14,5 signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen den Spätzählern und den Normal- sowie Frühzählern (Tab. 11).

Bei den Mädchen finden sich dagegen deutlich häufiger signifikante Gruppenunterschiede (Tab. 12). Beim Kopfumfang weisen die Spätzähler gegenüber den Normal- und den Frühzählern in 10 von 11 untersuchten Altersklassen und bei der Kopflänge in 8 von 11 untersuchten Altersklassen signifikant niedrigere Werte auf. Für die Kopfbreite wurden in den Altersklassen 12,0 und 13,0 signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Spät- und den Normalzählern gefunden.

Tab. 11: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Kopfmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Jungen

Körpermerkmal	Alter (Jahre)											Signifikante Unterschiede zwischen: (t-Test, 1-seitig, $p < 0,05$ )
	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
Kopfumfang											X	Spät- und Normalzählern
											X	Spät- und Frühzählern
												Normal- und Frühzählern
Kopflänge												Spät- und Normalzählern
												Spät- und Frühzählern
												Normal- und Frühzählern
Kopfbreite												Spät- und Normalzählern
												Spät- und Frühzählern
												Normal- und Frühzählern

Tab. 12: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Kopfmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Mädchen

Körpermerkmal	Alter (Jahre)											Signifikante Unterschiede zwischen: (t-Test, 1-seitig, $p < 0,05$ )
	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
Kopfumfang	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	Spät- und Normalzahnern
	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	Spät- und Frühzahnern
												Normal- und Frühzahnern
Kopflänge	X	X	X	X		X	X	X			X	Spät- und Normalzahnern
	X	X	X			X	X	X			X	Spät- und Frühzahnern
												Normal- und Frühzahnern
Kopfbreite						X		X				Spät- und Normalzahnern
												Spät- und Frühzahnern
												Normal- und Frühzahnern

### 5.2.3. Jochbogenbreite, Unterkieferwinkelbreite, Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe

Als Maße des Gesichtsschädels lassen Jochbogenbreite, Unterkieferwinkelbreite, Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe eine Beeinflussung durch das Dentitionsgeschehen möglich erscheinen.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Dentition und Gesichtswachstum sind in den folgenden Abbildungen für die Jochbogenbreite (Abb. 21), die Unterkieferwinkelbreite (Abb. 22), die Gesichtshöhe (Abb. 23) und die Untergesichtshöhe (Abb. 24) dargestellt.

Abb. 21: Entwicklung der mittleren Jochbogenbreite der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand

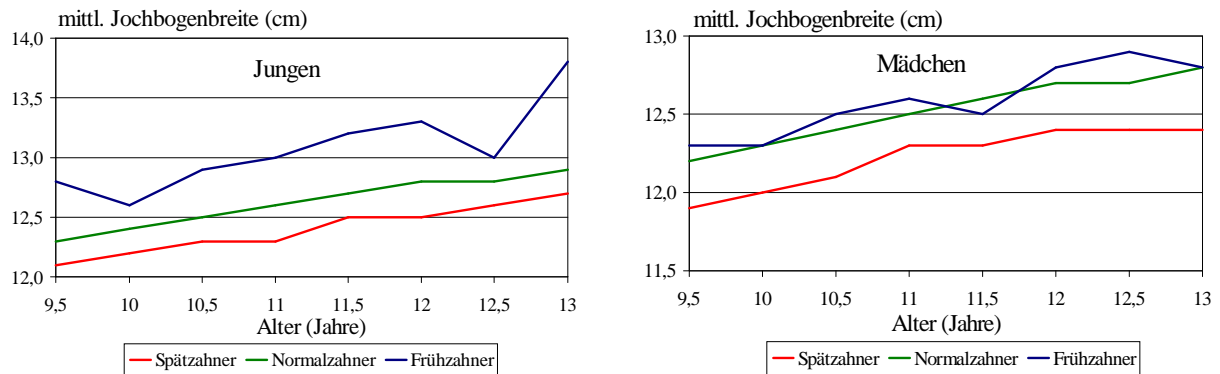


Abb. 22: Entwicklung der mittleren Unterkieferwinkelbreite der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand

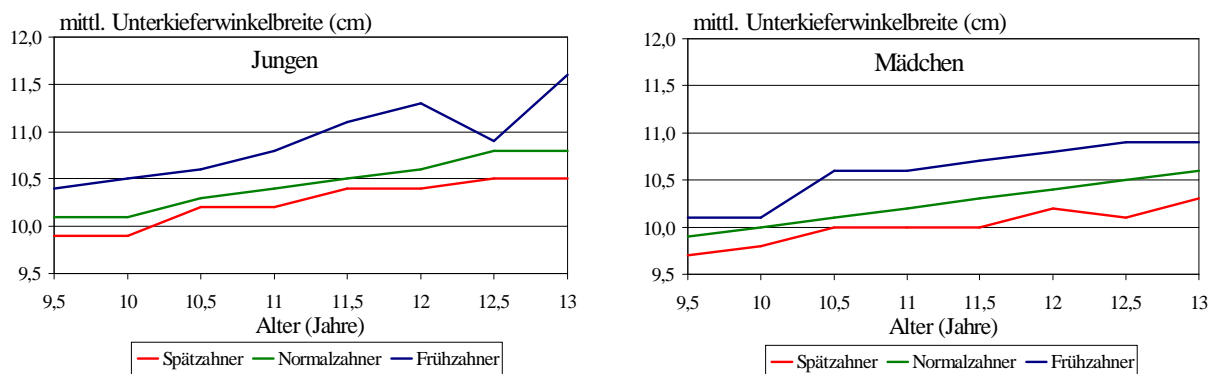


Abb. 23: Entwicklung der mittleren Gesichtshöhe der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand

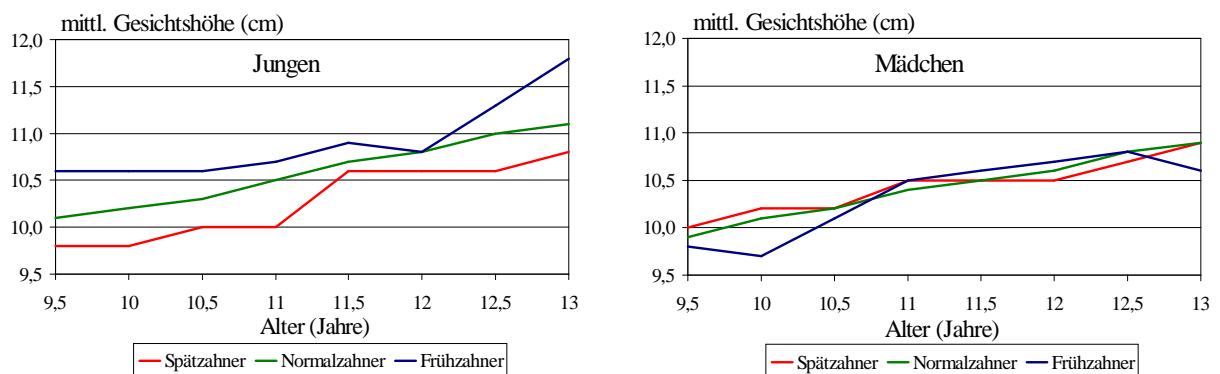
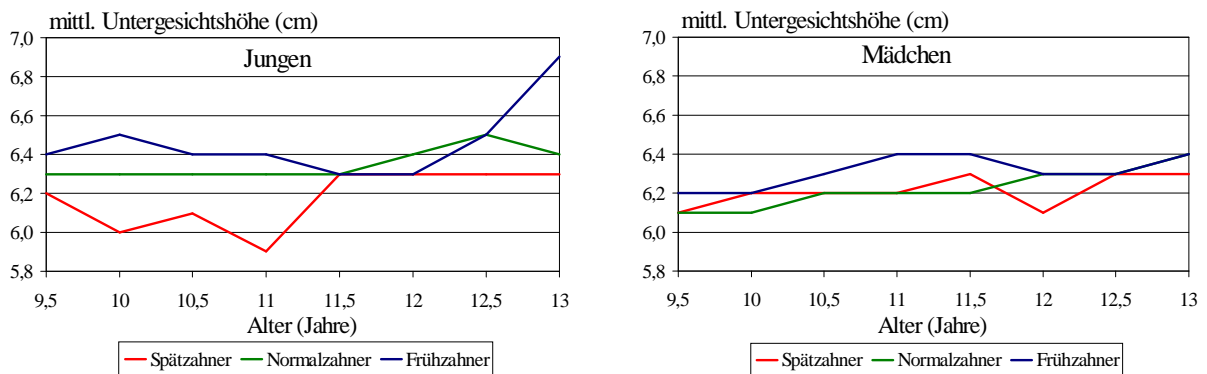


Abb. 24: Entwicklung der mittleren Untergesichtshöhe der Jungen und Mädchen in Abhängigkeit vom Dentitionsstand



Der Kurvenverlauf der einzelnen Merkmale zeigt nur geringe Unterschiede zwischen den Dentitionsgruppen. Für die Untergesichtshöhe kann festgestellt werden, daß sich die Werte dieses Merkmals im betrachteten Altersabschnitt nur noch in einer Größenordnung von wenigen Millimetern ändern. Deshalb unterliegen auch hier die Mittelwerte den schon für die Kopfmaße beschriebenen Einflüssen.

Mit Ausnahme der Gesichtshöhe und der Untergesichtshöhe bei den Mädchen weisen bei beiden Geschlechtern die Frühzahner zu fast allen Untersuchungszeitpunkten die höchsten Werte und die Spätzahner die niedrigsten Werte auf. Dieser Unterschied ist bei den Jungen generell deutlicher sichtbar als bei den Mädchen.

Die beiden Vertikalmaße des Gesichts (Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe) lassen bei den Mädchen keine Unterschiede zwischen den drei Zahnungsgruppen erkennen. Das wird für diese beiden Maße auch im Fehlen signifikanter Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen deutlich (Tab. 14). Bei den Transversalmaßen der Mädchen ergeben sich für die Mittelwerte der Unterkieferwinkelbreite in den Altersklassen 10,5 und 12,5 signifikante Gruppenunterschiede. Bei den Jungen können dagegen deutlich häufiger signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Dentitionsgruppen nachgewiesen werden (Tab. 13). Vor allem bei den Transversalmaßen Jochbogenbreite und Unterkieferwinkelbreite wird der Vorsprung der männlichen Frühzahner gegenüber den Normal- und den Spätzählern durch signifikant höhere Werte in 5 bzw. 4 von 8 untersuchten Altersklassen deutlich.

Tab. 13: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Gesichtsmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Jungen

Körpermerkmal	Alter (Jahre)											Signifikante Unterschiede zwischen: (t-Test, 1-seitig, $p < 0,05$ )
	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
Jochbogenbreite									=	=	=	Spät- und Normalzahnern
	X			X	X	X		X	=	=	=	Spät- und Frühzahnern
	X			X	X	X		X	=	=	=	Normal- und Frühzahnern
Unterkieferwinkelbreite									=	=	=	Spät- und Normalzahnern
				X	X	X		X	=	=	=	Spät- und Frühzahnern
				X	X	X		X	=	=	=	Normal- und Frühzahnern
Gesichtshöhe		X		X					=	=	=	Spät- und Normalzahnern
		X		X					=	=	=	Spät- und Frühzahnern
		X							=	=	=	Normal- und Frühzahnern
Untergesichtshöhe				X					=	=	=	Spät- und Normalzahnern
				X					=	=	=	Spät- und Frühzahnern
									=	=	=	Normal- und Frühzahnern

= keine Daten vorhanden

Tab. 14: Signifikante Mittelwertunterschiede anthropologischer Gesichtsmaße zwischen den Dentitionsgruppen der Mädchen

Körpermerkmal	Alter (Jahre)											Signifikante Unterschiede zwischen: (t-Test, 1-seitig, $p < 0,05$ )
	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
Jochbogenbreite									=	=	=	Spät- und Normalzahnern
									=	=	=	Spät- und Frühzahnern
									=	=	=	Normal- und Frühzahnern
Unterkieferwinkelbreite							X		=	=	=	Spät- und Normalzahnern
			X				X		=	=	=	Spät- und Frühzahnern
			X				X		=	=	=	Normal- und Frühzahnern
Gesichtshöhe									=	=	=	Spät- und Normalzahnern
									=	=	=	Spät- und Frühzahnern
									=	=	=	Normal- und Frühzahnern
Untergesichtshöhe									=	=	=	Spät- und Normalzahnern
									=	=	=	Spät- und Frühzahnern
									=	=	=	Normal- und Frühzahnern

= keine Daten vorhanden



### 5.3. Der Einfluß des Zahnalters auf die körperliche Entwicklung

Ziel der folgenden Betrachtungen ist es, die Bedeutung des Dentitionsstandes eines Kindes auf seine Entwicklung bezüglich der untersuchten Körper- und Kopfmaße zu eruieren. Dazu bedienen wir uns einer multifaktoriellen Varianzanalyse.

Für nahezu alle anthropologischen Merkmale kann bei beiden Geschlechtern ein statistisch signifikanter Einfluß der Zugehörigkeit zu einer der Dentitionsgruppen auf die Gesamtvariation des Merkmals festgestellt werden. Bei den Mädchen war dieser Zusammenhang für die Gesichtshöhe und die Untergesichtshöhe nicht signifikant.

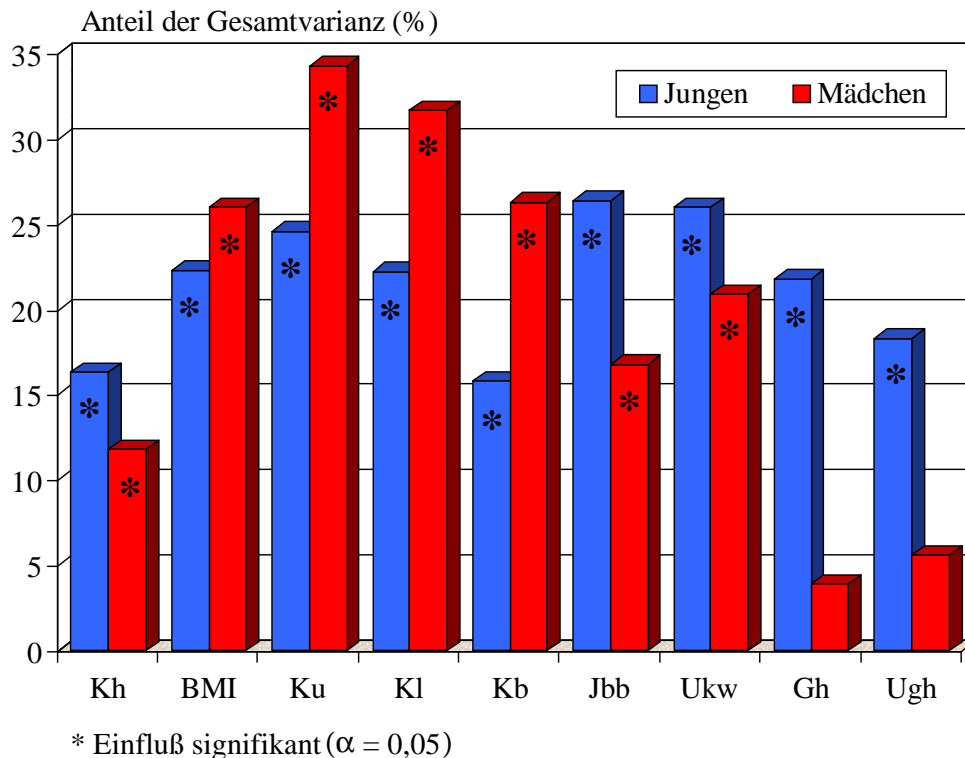
Im Falle eines signifikanten Zusammenhangs wurde mittels einer multiplen Klassifikationsanalyse (MCA) der sogenannte Beta-Koeffizient errechnet, der in unserem Fall die um den Einfluß des Alters berichtigte Stärke des Zusammenhangs zwischen der Zugehörigkeit zu einer der drei Dentitionsgruppen und dem untersuchten Körpermerkmal angibt.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Abbildung 26 dargestellt. Die für diese und die anschließenden Abbildungen geltenden Abkürzungen erklärt Abbildung 25.

Abb. 25: Abkürzungen der anthropologischen Maße

Kh = Körperhöhe	Kl = Kopflänge	Ukw = Unterkieferwinkelbreite
BMI = Body-Mass-Index	Kb = Kopfbreite	Gh = Gesichtshöhe
Ku = Kopfumfang	Jbb = Jochbogenbreite	Ugh = Untergesichtshöhe

Abb. 26: Darstellung des durch die Gruppenzugehörigkeit erklärten Anteils der Gesamtvarianz der anthropologischen Maße



Für den Anteil der Gesamtvarianz der untersuchten Merkmale, der von der Zugehörigkeit zu einer der Zahnungsgruppen bestimmt wird, ergeben sich Werte zwischen 3,9 % (morphologische Gesichtshöhe der Mädchen) und 34,3 % (Kopfumfang der Mädchen). Tendenziell steht nach unseren Ergebnissen das Wachstum des Kopfes (Kopfumfang, Kopflänge, Kopfbreite) bei den Mädchen in einem stärkeren Zusammenhang mit dem Zahnalter als bei den Jungen. Für die untersuchten Maße des Gesichts ergibt sich ein umgekehrtes Bild. Diese Merkmale unterliegen bei den Jungen einem größeren Einfluß durch die dentale Entwicklung als bei den Mädchen. Die Gesamtvarianz der transversalen Gesichtsmaße ist bei beiden Geschlechtern stärker von der Zugehörigkeit zu einer der drei Dentitionsgruppen beeinflusst als die der vertikalen Gesichtsmaße. Die für die morphologische Gesichtshöhe und die Untergesichtshöhe ermittelten Werte der Mädchen sind um 91,3 % bzw. 69,4 % niedriger als bei den Jungen und liegen unter der Signifikanzgrenze. Für die Körperhöhe ist der errechnete Einfluß bei den Jungen um 38 % höher als bei den Mädchen, befindet sich insgesamt aber auf einem niedrigeren Niveau als bei den anderen Merkmalen. Beim BMI ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern mit einem um 16 % höheren Wert für die Mädchen nur gering.

Inwieweit sich der Zusammenhang zwischen dem Dentitionsstand und der Entwicklung der Kopf- und Körpermaße innerhalb der Dentitionsgruppen bemerkbar macht, sollen die folgenden Abbildungen verdeutlichen. Für jedes untersuchte anthropologische Merkmal wurde, wiederum berichtigt um den Einfluß der altersgemäßen Entwicklung, die Abweichung der Gruppenmittelwerte vom Gesamtmittelwert des jeweiligen Merkmals bestimmt (Abb. 27 – 29).

Abb. 27: Abweichung der Mittelwerte der Körperhöhe und des BMI in den einzelnen Dentitionsgruppen vom Gesamtmittelwert

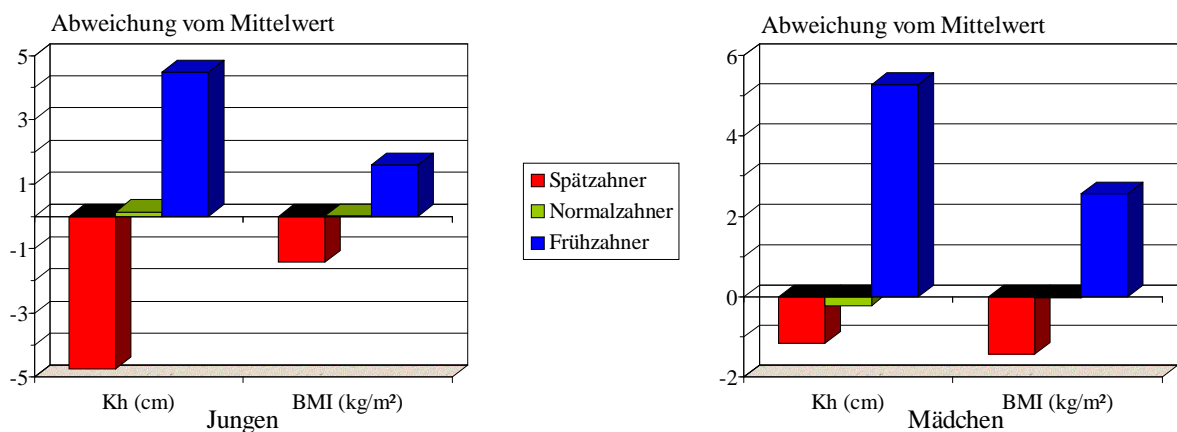


Abb. 28: Abweichung der Mittelwerte des Kopfumfangs, der Kopfbreite und der Kopflänge in den einzelnen Dentitionsgruppen vom Gesamtmittelwert

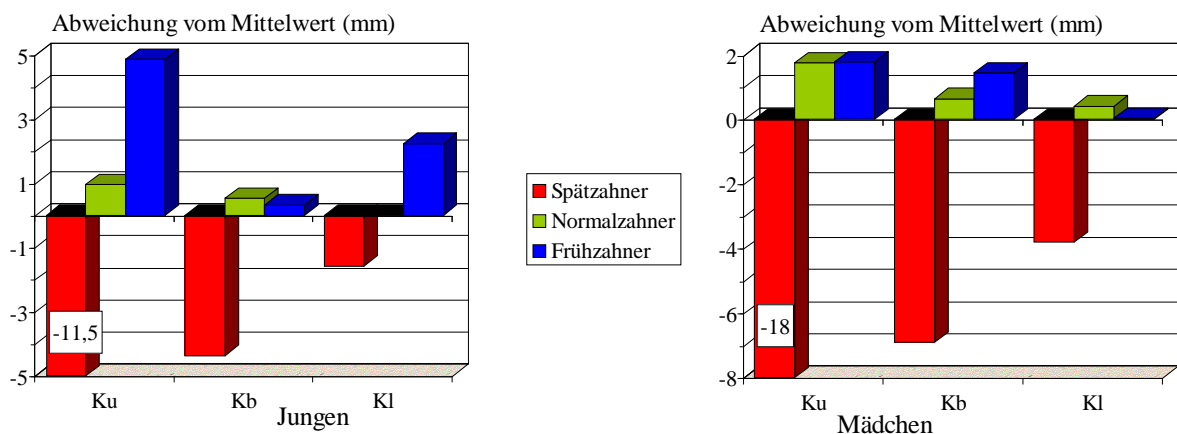
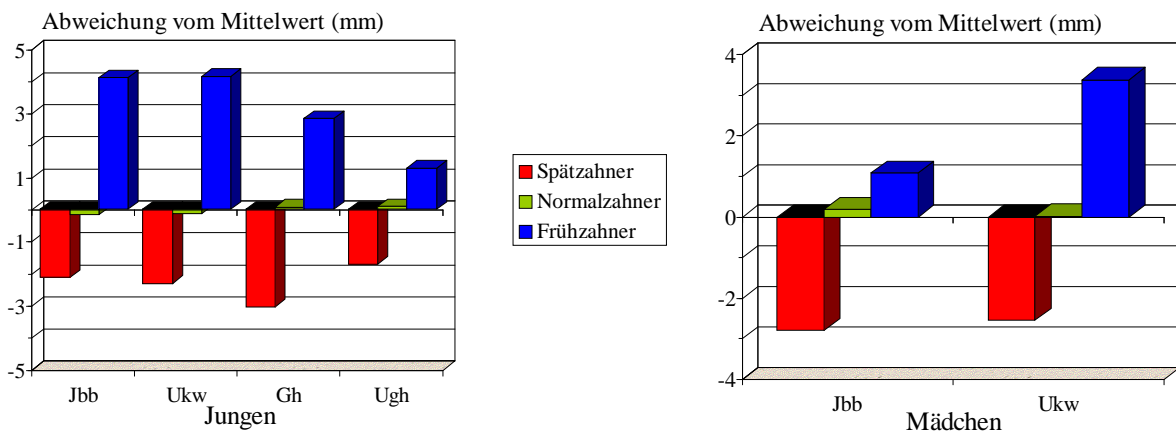


Abb. 29: Abweichung der Mittelwerte der Jochbogenbreite, der Unterkieferwinkelbreite, der Gesichtshöhe und der Untergesichtshöhe in den einzelnen Dentitionsgruppen vom Gesamtmittelwert

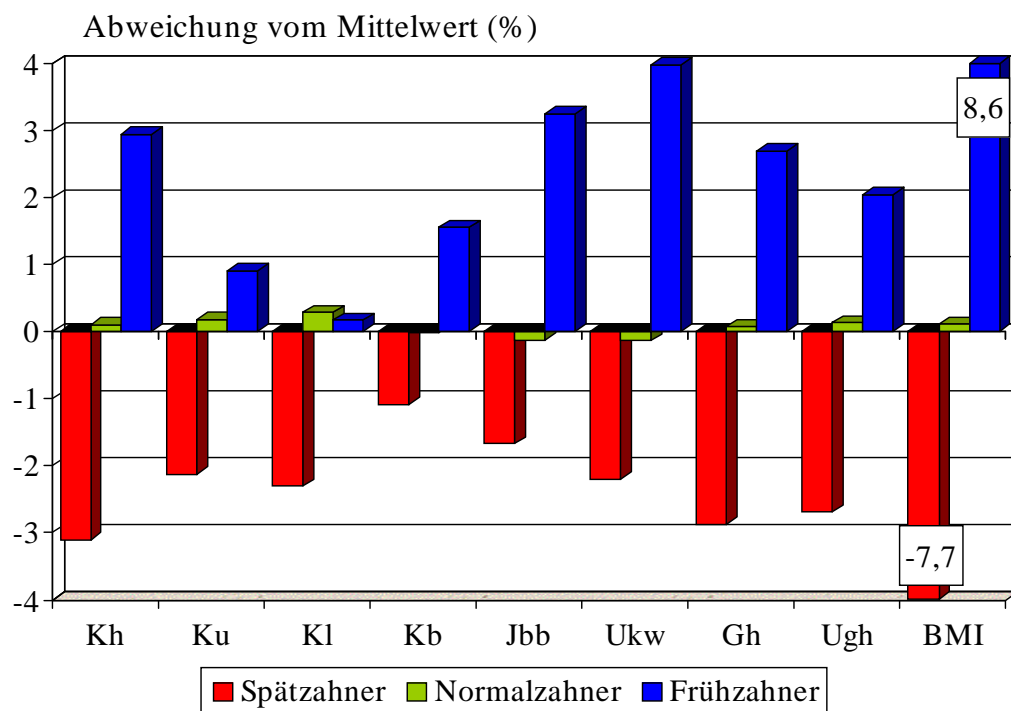


Bei Betrachtung ausschließlich auf Grundlage des dentalen Entwicklungsstandes der Kinder weichen die Mittelwerte aller betrachteten Kopf- und Körpermaße bei den Spätzählern deutlich in negativer Richtung vom Gesamtmittelwert ab. Diese Tendenz ist bei den Mädchen etwas stärker ausgeprägt als bei den Jungen und zeigt sich besonders deutlich bei den Kopfmaßen. Die Mittelwerte der Normalzähler entsprechen bei allen Merkmalen etwa dem Gesamtdurchschnitt. Die positiven Abweichungen der männlichen und weiblichen Normalzähler beim Kopfumfang sind wahrscheinlich durch eine Beeinflussung des Gesamtmittelwertes auf Grund der extremen negativen Abweichungen bei den Spätzählern verursacht.

Bei Kindern mit einem Vorsprung in der Dentition weisen auch die anthropologischen Maße überdurchschnittliche Werte auf (Ausnahme: Kopfbreite der Jungen und Kopflänge der Mädchen). Auf eine Darstellung der Abweichungen für die Gesichtshöhe und die Untergesichtshöhe der Mädchen wurde verzichtet, da für diese Merkmale kein signifikanter Einfluß der Gruppenzugehörigkeit nachgewiesen werden konnte.

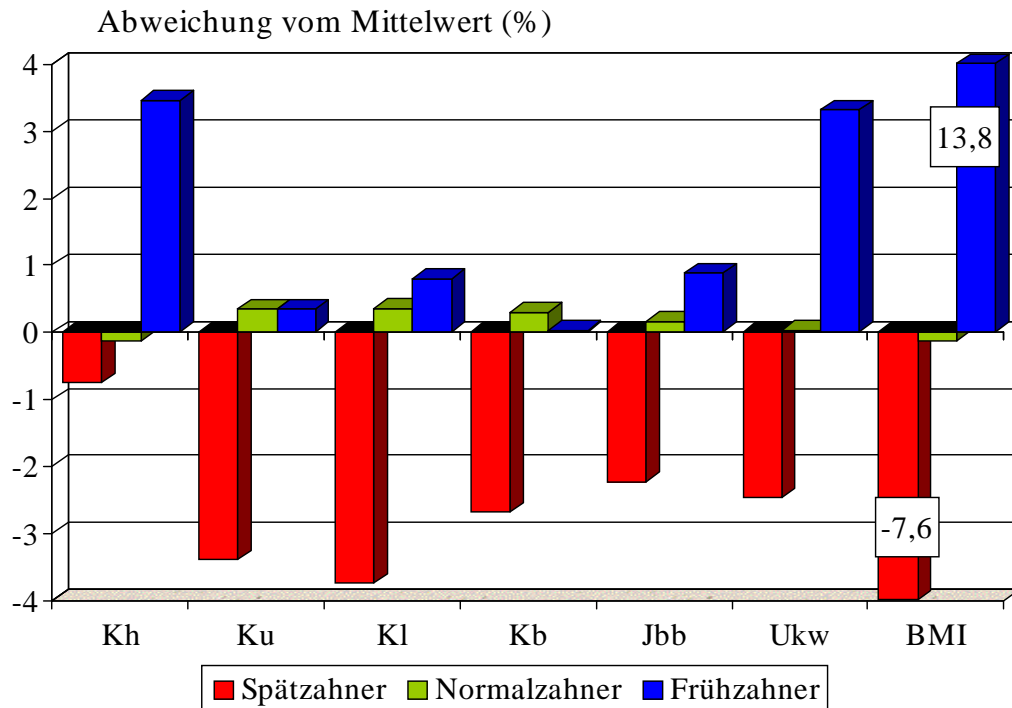
Zur Darstellung des relativen Ausmaßes der Mittelwertabweichungen wurden diese für die folgenden Abbildungen in einen prozentualen Wert umgerechnet (Abb. 30 und Abb. 31). Als 100 %-Basis verwendeten wir dabei bei jedem anthropologischen Merkmal den jeweiligen Mittelwert der Gesamtgruppe (= Gesamtmittelwert).

Abb. 30: Relative Abweichung der Mittelwerte der anthropologischen Maße in den einzelnen Dentitionsgruppen vom jeweiligen Gesamtmittelwert – Jungen –



Bei den Jungen ergeben sich für die Spätzahner bei der Mehrzahl der Merkmale stärkere (negative) Abweichungen als sie die Frühzahner in positiver Richtung zeigen. Vor allem die Mittelwerte der drei Kopfmaße Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite weichen bei den Frühzählern nur wenig vom Gesamtmittelwert ab. Ein starker Zusammenhang mit dem dentalen Entwicklungsstand ergibt sich bei den Jungen für die Maße des Gesichtsschädels, bei der Körperhöhe und besonders für den BMI. Bei diesen Merkmalen weisen sowohl die Frühzahner als auch die Spätzahner zum Teil deutliche Abweichungen vom Gesamtmittelwert auf. Die Jungen mit durchschnittlichem Dentitionsstand zeigen erwartungsgemäß nur äußerst geringe Abweichungen vom Gesamtmittelwert.

Abb. 31: Relative Abweichung der Mittelwerte der anthropologischen Maße in den einzelnen Dentitionsgruppen vom jeweiligen Gesamtmittelwert – Mädchen –



Bei den Mädchen weisen vor allem die Spätzahner, außer bei der Körperhöhe, die deutlicheren Mittelwertabweichungen auf. Das entspricht bei den Merkmalen Kopfumfang und Kopflänge den Ergebnissen unserer Signifikanzprüfungen zwischen den Dentitionsgruppen. Bei der Körperhöhe, dem BMI und der Unterkieferwinkelbreite weichen auch die Mittelwerte in der Gruppe der Frühzahner deutlich vom Gesamtmittelwert ab. Wie schon bei den Jungen ergeben unsere Untersuchungen für den BMI den stärksten Zusammenhang mit dem Dentitionsstand. Die Normalzahner zeigen auch bei den Mädchen kaum Unterschiede zum Gesamtdurchschnitt.

## 6. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse dieser Arbeit wurden aus den Daten der Jenaer Längsschnittstudie gewonnen. Innerhalb dieser Studie wurden seit 1985 insgesamt ca. 250 Jungen und Mädchen aus dem Stadtgebiet Jena (Einwohnerzahl ca. 100.000) über einen Zeitraum von 11 Jahren regelmäßig in halbjährlichen Abständen untersucht. Mittels solcher Längsschnittstudien ist es durch kontinuierliche, in kurzen Abständen (3 – 6 Monate) erfolgende Untersuchungen der immer gleichen Individuen über einen langen Zeitraum möglich, sehr präzise Aussagen über den Entwicklungsverlauf zahlreicher Reifemerkmale innerhalb einer gegebenen Population zu erhalten. So können, neben anderen, in der Entwicklung des Menschen einmalig auftretenden Ereignissen (z. B. die Ausbildung bestimmter sekundärer Geschlechtsmerkmale), auch die Eruptionstermine der Zähne des menschlichen Gebisses exakt bestimmt werden.

### 6.1. Zahndurchbruch

#### 6.1.1. Eruptionstermine

Wie die in unseren Untersuchungen ermittelten Durchbruchstermine für die zweite Wechselgebißphase zeigen, ist bei den Kindern aus dem Jenaer Stadtgebiet ein Entwicklungsvorsprung der Mädchen gegenüber den Jungen festzustellen. Dieser zeigt sich u. a. auch in der Tatsache, daß Mädchen mehr bleibende Zähne aufzuweisen haben als Jungen des gleichen Alters. Der Unterschied ist bis zur Altersklasse 12,5 signifikant. Diese allgemeinen Aussagen finden sich auch bei zahlreichen anderen Autoren (RÖSE 1909, UNGLAUBE 1924, BAUER 1927, COTTE 1935, SCHOUR und MASSLER 1941, HELLMAN 1943, FULTON und PRICE 1954, ADLER 1959, NANDA 1960, TANNER 1962, JANSON 1970, BAUER et al. 1974, DIESNER und GÖBEL 1979, HARZER und HETZER 1987, KOCHHAR und RICHARDSON 1998). Die Forderung dieser Autoren nach einer geschlechtsspezifischen Betrachtung des Zahndurchbruchs kann durch unsere Untersuchungsergebnisse bekräftigt werden.

Der frühere Zahndurchbruch bei den Mädchen ist für alle Zähne mit Ausnahme der oberen ersten und zweiten Prämolaren und dem unteren rechten zweiten Prämolaren statistisch signifikant. Der durchschnittliche Vorsprung der Mädchen von 5 Monaten entspricht ebenfalls den Angaben in der Literatur. ADLER (1959) weist allerdings darauf hin, daß diesem Unterschied für den Vergleich von Einzelpersonen kaum praktische Bedeutung zukommt, da die Geschlechtsunterschiede in den Eruptionsterminen der Zähne und in der Zahnzahl durchweg kleiner sind als die Streuungen dieser Werte innerhalb der einzelnen Geschlechter. In den beiden Hälften eines jeden Kiefers erfolgt der Zahndurchbruch sehr synchron. Die festgestellten Unterschiede sind sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen äußerst gering. Unsere Ergebnisse stehen damit ebenfalls in Übereinstimmung mit den Angaben o. g. Autoren.

Der beim Vergleich der Durchbruchstermine zwischen Ober- und Unterkiefer festgestellte signifikant frühere Durchbruch der Eckzähne und zweiten Molaren des Unterkiefers vor denen des Oberkiefers wird in der Literatur (COTTE 1935, SCHOUR und MASSLER 1941, STURDIVANT et al. 1962, TANNER 1962, JANSON 1970, BAUER et al. 1974, DIESNER und GÖBEL 1979, HARZER und HETZER 1987, BERNHARD und GLÖCKLER 1995) vielfach beschrieben und bestätigt die Forderung nach einer getrennten Untersuchung der Einzelkiefer. Die beiden Prämolaren bei den Jenaer Mädchen brechen entgegen der aus der Literatur bekannten Norm für diese Zähne (Ober- vor Unterkiefer) im Unterkiefer zuerst durch. Allerdings sind die Unterschiede zwischen beiden Kiefern mit 1,2 Monaten (erster Prämolare) bzw. 0,12 Monaten (zweiter Prämolare) sehr gering.

LÖHR (1994) bestimmte die Dauer der zweiten Wechselgebissphase als Zeitspanne zwischen dem klinischen Durchbruch des ersten und dem vollständigen des letzten permanenten Seitenzahnes. Unter einem vollständigen Durchbruch ist dabei das Erreichen der Okklusionsebene zu verstehen. Die Autorin gibt für die Jungen Werte von  $3,6 \pm 1,1$  Jahren sowie für die Mädchen von  $3,8 \pm 1,0$  Jahren an. Die von uns festgestellten Werte wurden anhand der Termine für den klinisch sichtbaren Durchbruch des ersten und letzten Zahnes der zweiten Wechselgebissphase ermittelt und sind bei beiden Geschlechtern um fast 1 Jahr niedriger. Die Differenz zu den Angaben von LÖHR (1994) ist mit der Zeitspanne erklärbar, die vom ersten Sichtbarwerden des letzten Zahnes in der Mundhöhle bis zu seiner vollständigen Einstellung in die Okklusionsebene vergeht.



DIESNER und GÖBEL (1979) ermittelten die Dauer der zweiten Wechselgebißphase auf ähnliche Weise wie wir und geben eine für beide Geschlechter gleiche Zeitspanne von ebenfalls 2,5 Jahren an.

Die Schwankungsbreite der Durchbruchstermine bei den Jenaer Kindern ist, bedenkt man die oben besprochene kurze Gesamtdauer der zweiten Wechselgebißphase, beträchtlich, liegt aber immer noch unter den Angaben von RÖSE (1909) und JANSON (1970). KOCHHAR und RICHARDSON (1998) geben etwa gleiche, STURDIVANT et al. (1962) geringere Werte an.

Eine Zunahme der Variationsbreite der Durchbruchstermine, wie sie PARACUCHI et al. (1970) im Verlauf der ersten Wechselgebißphase feststellten, können wir innerhalb der zweiten Wechselgebißphase nicht bestätigen. Im Vergleich mit den Untersuchungen von WURSCHI (1993) zur ersten Wechselgebißphase am gleichen Längsschnitt ermittelten wir allerdings mit einer durchschnittlichen Schwankungsbreite von insgesamt  $\pm 1,07$  Jahren für die gesamte zweite Phase einen um 57,4 % höheren Wert. Damit können die Aussagen von RÖSE (1909), STURDIVANT et al. (1962) und Matthies (1963) bestätigt werden, die diesen Anstieg der Schwankungswerte im Verlauf der gesamten 2. Dentition beobachteten. Die hohe Varianz ist für viele Merkmale der menschlichen Entwicklung etwas Typisches. FELGENTREFF et al. (1977) glauben, daß damit offenbar eine mit steigendem Alter zunehmende Abweichung von scheinbar vorgegebenen Reihenfolgen verbunden ist und sehen darin den Mechanismus zur Entfaltung der Individualität.

#### 6.1.2. Vergleich der Durchbruchstermine mit anderen Untersuchungen

Der Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren wird durch das Fehlen verbindlicher Vereinbarungen für die Bestimmung der Durchbruchzeiten und die unterschiedliche Beurteilung der zeitlichen Variabilität der Dentition erschwert (LEIMEISTER 1970, FELGENTREFF et al. 1977). So wird z. B. von BAUER (1927) in einer graphischen Darstellung der Schnittpunkt der Kurve für die gerade durchbrechenden Zähne mit der Kurve der schon okkludierenden Zähne als mittlerer Durchbruchstermin der Zähne definiert.

DIESNER und GÖBEL (1979) bestimmten die mittleren Eruptionstermine als 50 %-Werte einer aus der experimentellen Durchbruchshäufigkeit errechneten Eruptionsfunktion.

Ein weiterer Unterschied ist in der Verwendung verschiedener statistischer Maßzahlen festzustellen.

Nach Ansicht vieler Autoren kann davon ausgegangen werden, daß die Verteilung der Alterswerte für den Zahndurchbruch einer Normalverteilung entspricht und damit sowohl der arithmetische Mittelwert als auch der Median verlässliche Durchbruchswerte ergeben (ADLER 1957, FELGENTREFF et al. 1977, TANNER 1962 u. a.). JANSON (1970) sowie KAHL und SCHWARZE (1988) stellen jedoch fest, daß der Median niedrigere Alterswerte ergibt als der Mittelwert, was für eine linksschiefe Verteilung der mittleren Durchbruchzeiten spricht. JANSON (1970) ist der Ansicht, daß für einen Vergleich prinzipiell beide Maßzahlen geeignet sind, da sie je nach Fragestellung einen sinnvollen Mittelwert darstellen. Die einmal gewählte Maßzahl sollte nur innerhalb eines Vergleichs beibehalten werden.

Ein weiterer Unterschied läßt sich in der Auswahl der Probanden feststellen. So wird in vielen Untersuchungen nach geographischer Herkunft, Rasse, sozialer Herkunft oder dem Morbiditätsgrad des Milchgebisses unterschieden. In Bezug auf die letzten beiden Punkte handelt es sich bei dieser Untersuchung um eine „Mischpopulation“. Angaben über den Morbiditätsgrad des Milchgebisses unserer Probanden finden sich in der Arbeit von RIEDEL (1998). Sie gibt an, daß im Oberkiefer der Kinder 3 %, im Unterkiefer sogar nur 0,8 % der Milchmolaren kariös zerstört waren. Damit besaß ein Großteil der Kinder intakte Stützzonen im Milchgebiß, eine wesentliche Voraussetzung für einen ungestörten Durchbruch der bleibenden Zähne.

Desweiteren muß auch berücksichtigt werden, daß es sich bei vielen Studien in der Literatur um Querschnittsuntersuchungen mit einer zum Untersuchungszeitpunkt unterschiedlichen Altersstruktur der Probanden handelt. Im Gegensatz zu Longitudinalstudien kann in Querschnittsstudien der Durchbruchsstand aller Zähne (oder ein anderes gesuchtes Kriterium) nur einmal bestimmt werden und zum Untersuchungszeitpunkt keine Aussage darüber getroffen werden, wie lange sich ein Zahn schon in der Mundhöhle des einzelnen Probanden befindet. Es erfolgt also in diesem Fall eine „Status-Quo-Bestimmung“ des Eruptionsstandes mit weniger exaktem Ergebnis (KROMEYER und WURSCHI 1996).

Für den Vergleich unserer Ergebnisse unterteilten wir die uns aus der Literatur bekannten Angaben zum Zahndurchbruch nach der Art der verwendeten statistischen Maßzahl, also nach dem arithmetischen Mittel und dem Median. Für jeden Autor wurde die durchschnittliche Differenz aller Zähne zum Jenaer Längsschnitt errechnet (Tab. 15 und Tab. 16).

Tab. 15: Vergleich der Durchbruchzeiten anhand des arithmetischen Mittels

Zahn- typ	RÖSE (1909)	COTTE (1935)	HELLMAN (1943)	MATTHIES (1963)	SCHNEGG (1969)	JANSON (1970)	KOCHHAR & RICHARDSON (1998)	Jenaer Längs- schnitt
Jungen								
OK 3	12,17	11,3	12,02	11,67	10,92	10,92	11,33	11,25
OK 4	10,67	10,4	11,17	10,42	9,67	9,96	10,76	10,75
OK 5	11,50	10,6	12,20	11,33	10,67	10,75	11,44	11,62
OK 7	12,75	12,7	12,96	12,42	12,42	12,29	12,09	12,34
UK 3	11,33	10,5	11,04	10,58	10,17	10,20	10,63	10,40
UK 4	11,33	10,7	11,08	10,83	9,92	10,14	10,65	10,78
UK 5	12,17	10,8	12,32	11,75	10,92	10,99	11,50	11,84
UK 7	12,25	12,4	12,58	12,00	11,84	11,68	11,80	12,01
Durchschnittliche Differenz zum Jenaer Längsschnitt								
	+0,40	-0,20	+0,55	0,00	-0,56	-0,51	-0,10	
Mädchen								
OK 3	11,58	10,9	11,74	11,00	10,42	10,57	11,00	10,74
OK 4	10,17	9,9	10,83	10,08	9,50	9,58	10,48	10,48
OK 5	11,17	10,3	11,94	11,00	10,50	10,54	10,23	11,48
OK 7	12,42	12,3	12,93	12,25	12,08	11,92	12,14	11,94
UK 3	10,42	10,0	10,26	9,75	9,33	9,34	9,89	9,78
UK 4	10,75	10,4	10,66	10,25	9,58	10,02	10,36	10,38
UK 5	11,67	10,5	11,74	11,25	10,58	10,50	11,37	11,47
UK 7	11,75	12,1	12,60	11,58	11,33	11,27	11,89	11,40
Durchschnittliche Differenz zum Jenaer Längsschnitt								
	+0,28	-0,16	+0,63	-0,06	-0,54	-0,49	-0,04	

Tab. 16: Vergleich der Durchbruchzeiten anhand des Medians

Zahn- typ	FULTON & PRICE (1954)	NANDA (1960)	SCHNEIDER (1962)	JANSON (1970)	DIESNER & GÖBEL (1979)	KÜNZEL (1984)	Jenaer Längs- schnitt
Jungen							
OK 3	11,38	11,63	11,67	10,76	11,92	11,35	11,11
OK 4	10,42	11,04	10,75	9,52	10,58	10,65	10,73
OK 5	11,12	12,11	11,75	10,73	11,75	11,45	11,66
OK 7	12,08	12,71	12,75	12,40	12,58	12,66	12,41
UK 3	10,75	10,80	10,42	10,17	10,92	10,62	10,19
UK 4	11,08	10,98	9,42	9,93	10,58	10,65	10,68
UK 5	11,79	11,92	10,33	10,99	11,75	11,68	11,75
UK 7	11,83	12,42	11,58	11,45	12,25	12,29	12,03
Durchschnittliche Differenz zum Jenaer Längsschnitt							
	-0,01	+0,38	-0,24	-0,58	+0,22	+0,10	
Mädchen							
OK 3	10,54	11,13	11,00	10,34	11,25	10,75	10,78
OK 4	9,92	10,69	10,33	9,52	10,33	10,29	10,30
OK 5	10,46	11,83	11,50	10,38	11,08	11,21	11,29
OK 7	11,58	12,39	12,08	11,83	12,42	12,27	11,94
UK 3	9,67	10,00	9,75	9,25	10,33	9,77	9,78
UK 4	10,08	10,65	9,17	9,76	10,50	10,21	10,15
UK 5	10,79	11,50	9,75	10,05	11,67	11,30	11,58
UK 7	10,92	11,94	11,33	11,32	11,83	11,80	11,54
Durchschnittliche Differenz zum Jenaer Längsschnitt							
	-0,42	+0,35	-0,31	-0,61	+0,26	+0,03	

Der Vergleich des arithmetischen Mittels der Eruptionstermine mit dem Median ergibt für unsere Untersuchung nur sehr geringe Unterschiede, was für eine nahezu symmetrische Normalverteilung der Werte spricht.

Beim Vergleich unserer Ergebnisse mit denen früherer Autoren zeigen sich sowohl bei Betrachtung des arithmetischen Mittels als auch des Medians durchschnittliche Unterschiede von bis zu  $\pm 7,5$  Monaten. Für die Differenzen können unterschiedliche Faktoren verantwortlich gemacht werden. Zum einen können die vorliegenden Abweichungen durch ein unterschiedliches Studiendesign (es handelt sich hauptsächlich um Transversaluntersuchungen) bedingt sein. Zum anderen wurden die Daten einiger Untersuchungen nicht durch direkte Inspektion der Mundhöhle, sondern über die zeitaufwendigere Anfertigung von Kieferabdrücken anhand von Modellen gewonnen, welche auf Grund der besseren Auswertbarkeit sicher präzisere Angaben liefern. Eine relativ gute Übereinstimmung ergibt sich mit den Untersuchungsergebnissen von KOCHHAR und RICHARDSON (1998), die eine Längsschnittstudie an 276 nordirischen Kindern (146 Jungen und 130 Mädchen), also einem etwa mit dem unseren vergleichbar großen Probandengut, durchführten sowie den Untersuchungen von KÜNZEL (1984) und Matthies (1963).

Eine einheitliche und eindeutige Tendenz zu einer Vor- oder Rückverlagerung der Durchbruchstermine für den gesamten Zeitraum zeigt sich weder insgesamt noch bei Betrachtung einzelner Zahntypen der zweiten Wechselgebißphase oder der Ergebnisse bei Jungen und Mädchen. Damit kann die Feststellung von WURSCI (1993) für unser Probandengut, der im Vergleich mit Angaben aus der Literatur in der ersten Wechselgebißphase einen früheren Zahndurchbruch bei den Jenaer Kindern vermutet, für die zweite Phase der 2. Dentition nicht bestätigt werden.

Aus populationsgeographischen Überlegungen heraus erscheint ein Vergleich mit den Ergebnissen von SCHNEIDER (1962) als sinnvoll, da ihre Untersuchungen aus dem Raum Weida stammen. Dabei läßt sich eine Rückverlagerung des Medians der Durchbruchstermine in unserer Untersuchung um etwa 3 Monate bei den Jungen und 3,72 Monate bei den Mädchen feststellen. Bemerkenswert ist, daß dieser Effekt sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen ausschließlich auf den Unterkiefer beschränkt ist und besonders stark bei den Prämolaren zu beobachten ist. Für alle Oberkieferzähne können dagegen in unserer Untersuchung frühere Durchbruchstermine (im Median) festgestellt werden.

Als Ursache könnte der Rückgang des traditionell hohen Kariesbefalls der Milchmolaren des Unterkiefers auf Grund einer verbesserten Prophylaxe (Fluoridgabe, Gruppenprophylaxe in Kindergärten und Grundschulen) angenommen werden. Dadurch wird der längere Erhalt der Milchmolaren erreicht und ein verfrühter Durchbruch der Prämolaren nach kariesbedingtem Verlust ihrer Vorgänger im Milchgebiß vermieden.

Hier sei nochmals auf die Angaben von RIEDEL (1998) zum Kariesbefall der untersuchten Jenaer Kinder hingewiesen. Eine Überprüfung dieser Hypothese bleibt allerdings weiteren Untersuchungen vorbehalten. Für die Kinder der Stadt Plauen konnte KÜNZEL (1984) diesen Trend nachweisen.

Auffällig ist außerdem, daß für das arithmetische Mittel ab 1969 (Untersuchung von SCHNEGG) eine kontinuierliche Rückverlagerung der Durchbruchstermine fast aller Zahntypen feststellbar ist, während der Median ab 1979 (Untersuchung von DIESNER und GÖBEL) einen zunehmend früheren Zahndurchbruch vermuten läßt. Da es sich aber um jeweils verschiedene Untersuchungen handelt, die nur nach der verwendeten statistischen Maßzahl für einen Vergleich ausgewählt wurden, läßt diese Beobachtung keine schlüssige Erklärung zu und dürfte durch den Zufall bedingt sein.

Grundsätzlich kann die Aussage zahlreicher Autoren (BENNHOLDT-THOMSEN 1938, HELLMAN 1943, GRAUDENZ 1954, SCHÜTZMANNISKY 1957, SCHNEIDER 1962, SÄLZLER 1967, FLÜGEL et al. 1986, NADLER 1998, ESKELI et al. 1999), die für die 2. Dentition das Wirken akzelerativer Prozesse annehmen, auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse für die zweite Wechselgebißperiode nicht bestätigt werden. BERNHARD und GLÖCKLER (1995) verglichen eigene Untersuchungsergebnisse zur 2. Dentition mit Literaturangaben der letzten 50 Jahre und stellen ebenfalls sowohl für das arithmetische Mittel als auch für den Median der Durchbruchzeiten keine eindeutigen Akzelerationstendenzen fest. Sie führen zur Begründung an, daß die Dentition vorwiegend genetisch determiniert ist und somit durch Umweltfaktoren weit weniger beeinflusst wird als die allgemeine körperliche Entwicklung.

### 6.1.3. Durchbruchsreihenfolge

Für die Entstehung regelrechter Okklusionsbeziehungen ist die Reihenfolge des Zahndurchbruchs in der sogenannten „Stützzone“ von entscheidender Bedeutung. Kenntnisse über die individuellen Variationen besitzen deshalb Praxisrelevanz. In der neueren Literatur (KÜNZEL 1976 und 1984, TINS und KEIL 1983, SEICHTER et al. 1980, KLINKHECKMANN und BREDY 1990, BERNHARD und GLÖCKLER 1995) werden für den Oberkiefer die Durchbruchssequenzen 4 – 3 – 5 – 7 bzw. 4 – 5 – 3 – 7, für den Unterkiefer die Folgen 3 – 4 – 5 – 7 und 3 – 4 – 7 – 5 als typisch angesehen.

Zwischen beiden Geschlechtern gibt es nur geringe Unterschiede. Diese Angaben decken sich mit unseren Untersuchungsergebnissen. Im Oberkiefer überwiegt bei den Jenaer Kindern die Reihenfolge 4 – 3 – 5 – 7, im Unterkiefer die Folge 3 – 4 – 5 – 7.

Beide Sequenzen werden von HARZER und HETZER (1987) als günstiger für ein präventives Eingreifen vor Ausprägung eines Platzmangels für den permanenten Eckzahn angesehen. So ist es bei dieser Sequenz möglich, durch mesiales Beschleifen des 2. Milchmolaren einen Platzgewinn für den Eckzahn zu erreichen, den dieser bei seinem Durchbruch durch Distalverschiebung des 1. Prämolaren ausnutzen kann. Der Durchbruch des 2. Molaren vor dem des 2. Prämolaren wird als ungünstig angesehen, da der 2. Prämolare dann in seinem Durchbruch durch die Mesialwanderungstendenz der beiden permanenten Molaren behindert wird. GRIVU und MECHNER (1979) bezeichnen diese Tendenz als Ausdruck der „Regressiventwicklung des dento–maxillären Apparates“.

Während sich die Eruptionsequenzen im Unterkiefer hinsichtlich ihrer Häufigkeit im Literaturvergleich kaum unterscheiden, sind für den Oberkiefer Unterschiede feststellbar. COTTE (1935), STURDIVANT et al. (1962), JANSON (1970), DIESNER und GÖBEL (1979) sowie HARZER und HETZER (1987) finden im Oberkiefer am häufigsten die Sequenz 4 – 5 – 3 – 7 vor, welche von letzteren als ungünstiger für die therapeutische Prävention eines Engstandes angesehen wird. In Übereinstimmung mit unserem Untersuchungsergebnis (häufigste Sequenz im Oberkiefer: 4 – 3 – 5 – 7) stehen die Ergebnisse von NANDA (1960), TINS und KEIL (1983), KÜNZEL (1984), LÖHR und EISMANN (1985) sowie KOCHHAR und RICHARDSON (1998). Dieses, vor allem in jüngeren Untersuchungen feststellbare, veränderte Dentitionsverhalten insbesondere im Prämolarenbereich führt KÜNZEL (1984) auf einen Kariesrückgang der Milchmolaren und ihren längeren Erhalt durch die kariespräventive Wirkung des Fluorids und eine intensivere zahnmedizinische Betreuung im Kindesalter zurück und sieht darin eine „Normalisierung“ der Dentition.

Die bei unseren Untersuchungen zur Durchbruchreihenfolge in der zweiten Wechselgebissphase ermittelte hohe Anzahl von 64 verschiedenen Sequenzen bringt eine überraschend hohe Variabilität in unserem Probandengut zum Ausdruck. Ein derart vielfältiges Durchbruchverhalten wurde in der Literatur bisher noch nicht beschrieben.

Generell wird von einer genetischen Determiniertheit der Durchbruchmuster ausgegangen (TANNER 1962). Diese unterliegen jedoch dem modifizierenden Einfluß zahlreicher verschiedener Faktoren (siehe Kap. 3.1.), dessen Folge mannigfaltige individuelle Variationen sind.

Der häufig gleichzeitige Durchbruch von zwei oder gar drei Zähnen innerhalb eines Gebißquadranten bei unseren Probanden ist zum Teil auch auf eine methodisch bedingte Unschärfe bei der Feststellung der Eruptionszeitpunkte zurückzuführen. Durch die in einigen Fällen maximal mögliche Pause von einem Jahr zwischen zwei Untersuchungen werden zwangsläufig gleiche Durchbruchstermine für zwei oder mehrere Zähne errechnet.

#### 6.1.4. Eruptionskurven

Die in ihrem S-förmigen Verlauf für biologische Prozesse typischen Eruptionsfunktionen geben für jede Altersklasse die prozentuale Anzahl der bereits erfolgten Durchbrüche eines bestimmten Zahnes im Jenaer Längsschnitt wieder. Da die von uns ermittelten Daten zum Zahndurchbruch die Voraussetzung der Normalverteilung erfüllen, können sie als repräsentativ für die im Stadtgebiet Jena lebende Kinderpopulation angesehen werden.

Das von uns angewendete Verfahren der statistischen Kurvenglättung mittels mathematischer Modelle wird u. a. von PRADER (1986) empfohlen, der dabei aber am Beispiel der Geschwindigkeitskurve des Körperhöhenwachstums davor warnt, daß diese Korrekturen dazu führen können, daß physiologische Entwicklungsbesonderheiten „weggeglättet“ werden. Solche Besonderheiten sind für die prozentuale Häufigkeit des Zahndurchbruchs allerdings nicht zu erwarten.

Nach NANDA (1960) definieren der Anfang und das Ende jeder Kurve den Zeitraum, in welchem ein Zahn bei 100 % der Kinder zum Durchbruch gelangt ist. Er stellt außerdem fest, daß dieser Zeitraum für den ersten Zahn der 2. Dentition (bei beiden Geschlechtern im Oberkiefer der 1. Molar, im Unterkiefer der mittlere Incisivus) am kürzesten war. Seiner Meinung nach scheint dieser Zeitraum für jeden neu hinzukommenden Zahn im Dentitionsverlauf zunehmend länger zu werden. Außerdem verweist er auf die Möglichkeit, mittels der Eruptionskurven die Durchbruchreihenfolge der Zähne und die Zeitabstände zwischen den Zähnen graphisch darstellen und auswerten zu können.



Besonders deutlich zeigen die ermittelten Eruptionskurven den schon besprochenen Geschlechtsdimorphismus. Diese allgemeinen Aussagen trifft auch WURSCHI (1993) anhand seiner Eruptionskurven für die erste Wechselgebißphase.

Die synchrone Entwicklung der Kieferhälften wird am annähernd identischen Kurvenverlauf der Zähne gleichen Typs innerhalb eines Kiefers ebenfalls sichtbar. Ausnahmen zeigen sich lediglich bei den Eckzähnen im Oberkiefer und den zweiten Molaren des Unterkiefers bei den Mädchen. Diese können durch die allgemeine Variabilität des Durchbruchs und zufällig wirkende, die Eruption behindernde Faktoren bedingt sein.

DIESNER und GÖBEL (1979) unterteilen ihre Kurven in folgende zeitlich aneinander anschließende Eruptionsphasen:

- Eruptionsbeginn,
- Eruptionsverlauf und
- Eruptionsabschluß.

Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen stellen sie für die zweite Wechselgebißphase im Oberkiefer einen bei Jungen und Mädchen nahezu zeitgleichen Eruptionsbeginn aller Zähne fest. Auch der Abschluß der Eruption im Oberkiefer erfolgt für beide Geschlechter in einem annähernd gleichen Zeitintervall, allerdings liegt der Beginn dieser letzten Eruptionsphase bei den Mädchen etwa 1 Jahr früher als bei den Jungen. Als charakteristisch für die zweite Wechselgebißphase bezeichnen sie, daß zur vollständigen Eruption ein längerer Zeitraum benötigt wird als in der ersten Wechselgebißphase. Sie vermuten als Ursache, daß der Wachstumsprozeß des Ober- und Unterkiefers sowohl in transversaler als auch in sagittaler Richtung in der zweiten Phase der 2. Dentition weniger intensiv als während der ersten Phase verläuft. In Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen zeigen sich bei diesen beiden Autoren ebenfalls Unterschiede im Kurvenverlauf der Zahntypen. Auch COTTE (1935) spricht in diesem Zusammenhang von einem im Vergleich zu den Schneidezähnen ungleichmäßigerem Durchbruch der Eckzähne und Prämolaren.

Den Abschluß der Erörterungen zum Zahnwechsel soll eine kurze Fehlerbetrachtung bilden. Als Ursache der großen Variation beim Durchbruch der Zähne ist vor allem die individuelle, „endogene“ Variabilität zu nennen. So finden TEIVENS et al. (1996) in ihrer Untersuchung an Kindern ohne Dentitionsstörungen in einigen Fällen sowohl bei 5- als auch bei 12jährigen das gleiche dentale Entwicklungsstadium vor.

Hinter der relativ großen Schwankungsbreite verbergen sich jedoch auch die unterschiedlichsten Abweichungen bzw. Störungen der normalen Dentition. Dies zeigt sich deutlich an den Eruptionskurven der Zähne 35 und 45 bei den Jungen sowie 23, 17, 27 und 47 bei den Mädchen. Es fällt auf, daß diese Zähne bis zu einem Alter von 15 Jahren nicht den 100 % – Wert der Durchbruchshäufigkeit erreichen. Folgende hauptsächliche Ursachen für Störungen und Unregelmäßigkeiten der Dentition können genannt werden:

- Nichtanlage eines Zahnes,
- Retention eines Zahnes,
- verzögerter Durchbruch auf Grund eines frühzeitigen Milchzahnverlustes oder einer Durchbruchsbehinderung, z. B. bei Zahnengstand,
- beschleunigter Durchbruch wegen eines vorzeitigen Milchzahnverlustes,
- Extraktion des Zahnes auf Grund einer kieferorthopädischen Indikation oder kariöser Zerstörung.

Nach WEISE (1970) sind die unteren zweiten Prämolaren und die oberen seitlichen Schneidezähne besonders häufig von Nichtanlage oder Abweichungen der Dentition betroffen. Er findet diese Befunde besonders häufig bei Spaltträgern vor. Nach GÜLZOW und PETERS (1977) kommen Nichtanlagen bei durchschnittlich 5,1 % der Probanden vor. Auch hier sind die unteren zweiten Prämolaren am häufigsten betroffen (37,8 %), gefolgt von den oberen seitlichen Schneidezähnen (29,0 %) und den oberen zweiten Prämolaren (22,4 %). Diese Angaben werden von ROTH und HIRSCHFELDER (1990) sowie DAUGAARD-JENSEN et al. (1997) bestätigt. Letztere stellen außerdem fest, daß in fast allen untersuchten Fällen bei einer Aplasie des Milchzahnes auch der bleibende Nachfolger nicht angelegt ist. BECKER und CHAUSHU (2000) ermittelten für Kinder mit einem nach palatinal verlagerten Eckzahn ein im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe retardiertes Zahnalter.

Da Röntgenuntersuchungen im Zusammenhang mit Zahnalterbestimmungen als medizinisch nicht indiziert anzusehen und deshalb laut §24 der RöV aus Gründen des Strahlenschutzes grundsätzlich untersagt sind, liegen im Rahmen dieser Untersuchung keine Röntgenaufnahmen vor. Der genaue Anteil von Aplasien in der vorliegenden Untersuchung konnte somit nicht festgestellt werden.

Nach HENNEMANN und HOLTGRAVE (1989) ist die Koordination von Milchmolaren-ausfall und Prämolarendurchbruch eine der Voraussetzungen für den natürlichen, wohlgeformten Zahnbogen.

Erfolgt die Entfernung eines Milchzahnes länger als ein Jahr vor dem zu erwartenden Durchbruch des Nachfolgers, spricht man von einem vorzeitigen oder frühzeitigen Milchzahnverlust. Dieser kann neben den negativen Folgen für die Stützzonenlänge auch Auswirkungen im Sinne einer Durchbruchsverzögerung bzw. Durchbruchsbeschleunigung der nachfolgenden permanenten Zähne haben. CZECHOLINSKI et al. (1994) weisen eine Durchbruchsbeschleunigung der Prämolaren nach Entfernung des Milchzahnvorgängers eineinhalb bis zwei Jahre vor dessen physiologischem Verlust nach. Nach Extraktion des Milchzahnes vor dem 8. Lebensjahr stellen sie eine Durchbruchsverzögerung des bleibenden Nachfolgers fest.

Der Platzmangel stellt ein weiteres Problem dar, das zu Durchbruchsverzögerungen der bleibenden Zähne führen kann. MOCHIZUKI et al. (1998) stellen bei Kindern ohne vorzeitigen Milchzahnverlust in 84,6 % der Fälle einen Platzmangel im Oberkiefer sowie in 64,5 % einen Platzmangel im Unterkiefer fest.

Bei den schon erwähnten Untersuchungen von RIEDEL (1998) am gleichen Probandengut stellt die Autorin bei 90 % der Kinder ein nicht regelrechtes Gebiß fest. Der Platzmangel war dabei eines der häufigsten Leitsymptome. Platzmangel beschreiben auch VARPIO und WELLFELT (1988) als hauptsächliche Ursache einer Retention der unteren zweiten Molaren.

#### 6.1.5. Zahnalter

Das Zahnalter stellt ein probates Mittel zur Bestimmung der dentalen Reife eines Individuums dar. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Zahnalter anhand der mittleren Anzahl bereits in die Mundhöhle durchgebrochener Zähne in einer entsprechenden Altersklasse bestimmt. Die Meinungen hinsichtlich dieser Methodik zur Bestimmung des Zahnalters gehen in der Literatur stark auseinander. Das ist unter dem Gesichtspunkt der schon besprochenen Schwankungen der Durchbruchszeiten und der damit verbundenen Variabilität der Zahnanzahl erklärbar.

CATTELL (1928) schlug vor, sich zur Bestimmung des Reifegrades des Gebisses auf eine einfache Zählung der vorhandenen Zähne zu beschränken. Sie gibt in ihren Tabellen das Durchschnittsalter an, bis zu dem eine bestimmte Anzahl von Zähnen durchgebrochen ist.

DAHLBERG und MAUNSBACH (1948) empfehlen ebenfalls dieses Verfahren und veröffentlichten nach einer Untersuchung an 6.000 schwedischen Kindern eine Normgraphik der Zahnzahl und ihrer Streuung zu einem gegebenen Lebensalter.

ADLER (1958) stellte aus den Untersuchungsdaten von 13.000 ungarischen Kindern, die besonders wenig Karies aufwiesen, eine Normtabelle auf, aus der, getrennt nach dem Geschlecht, für jede ganze Zahl bereits durchgebrochener Zähne ein bestimmtes Alter ablesbar ist. Er weist in diesem Zusammenhang auch darauf hin, daß die altersabhängige Variabilität der Zahnzahl weitaus geringer ist als die der Durchbruchstermine bestimmter Zähne. ADLER-HRADECKY und ADLER (1958) sehen nach einer kritischen Überprüfung dieser Methode die Zuordnung einer bestimmten Anzahl von Zähnen auf eine konkrete Altersangabe als problematisch an, da sich der Zahndurchbruch nicht kontinuierlich und mit großen Schwankungen vollzieht. Sie bestätigen jedoch, daß dieses Verfahren zum schnellen Vergleich der Zahnentwicklung größerer Gruppen gut geeignet ist.

OSTERMEIER (1985) kommt zu dem gleichen Ergebnis und betont, daß ab einem Lebensalter von 11 Jahren keine Aussagefähigkeit dieser Methode mehr gegeben ist. Er ermittelte zwar relativ hohe Korrelationswerte zwischen der Zahnzahl und dem Lebensalter, warnt aber davor, daraus auf eine lineare Beziehung zwischen beiden zu schließen.

KOCH et al. (1982) sehen in der Zahnzahl ein geeignetes Mittel für die Bestimmung des Zahnalters. Auch JAEGER (1990) findet eine relativ konstante Beziehung zwischen der Zahl vorhandener Zähne und dem chronologischen Alter.

Nach FELGENTREFF et al. (1977) stellt der Dentitionsstand einen gut und makroskopisch erfaßbaren Merkmalskomplex dar, der sowohl bei der Beurteilung der körperlichen Entwicklung als auch in der gerichtlichen Medizin nutzbringend verwendet werden kann. LAUTERSTEIN (1961) findet für das Zahnalter entsprechend der Anzahl bereits eruptierter permanenter Zähne eine größere Übereinstimmung mit dem chronologischen Alter als für das Knochenalter (bestimmt nach GREULICH und PYLE, 1959) und einem nach dem Entwicklungsstand der Zahnwurzeln bestimmten „Wurzelalter“. Auch für GREEN (1961) zeigt das Zahnalter die höchste Korrelation mit dem chronologischen Alter.

BOLANOS et al. (2000) ermittelten in einer Querschnittsstudie für den durch das Zahnalter erklärten Anteil an der Gesamtvarianz des chronologischen Alters Werte von bis zu 80 %. Das Zahnalter bestimmten sie dabei anhand der Mineralisationsstadien nach NOLLA (1960).

BORGMANN (1980) verglich das Zahnalter nach der Methode von CATTEL (1928) mit dem chronologischen Alter und stellte eine große Übereinstimmung zwischen beiden fest. Er ist der Ansicht, daß die Zahnentwicklung wesentlich unabhängiger von eventuell auftretenden Störungen, z. B. endokriner Art, ist als die Knochenentwicklung.

HAUSSER (1970) dagegen ist der Meinung, daß Zahnalter und chronologisches Alter oftmals nicht übereinstimmen. BAZIN (1991) ermittelte in ihrer Untersuchung an 261 Schulkindern aus Frankfurt/Oder bei lediglich 42 % der Jungen und 53 % der Mädchen eine Übereinstimmung von Zahnalter und chronologischem Alter. Für TANNER (1962) stellt der Zahndurchbruch nur ein grobes Kriterium für den Reifegrad des Gebisses dar.

Vergleiche mit den Angaben anderer Autoren werden durch Unterschiede beim Studiendesign, bei der Anzahl der Probanden und ihrer geographischen Herkunft sowie unterschiedlicher Einteilungen in Halbjahres- oder Ganzjahresklassen erschwert.

Eine gute Übereinstimmung ergibt sich bei einem Vergleich unserer Untersuchungsergebnisse mit den Angaben von HELM (1990). Die Mädchen weisen in allen Altersklassen die gleiche Zahnzahl auf. Bei den Jungen liegen seine Angaben um jeweils einen Zahn unter den unseren.

Beim Vergleich mit den Ergebnissen einer Untersuchung von JAEGER (1990) an 7- bis 15jährigen Schulkindern aus dem Jenaer Stadtgebiet zeigt sich bei den Jungen in 5 Altersklassen und bei den Mädchen in den Altersklassen 7 bis 12 eine Abweichung um jeweils einen Zahn. Übereinstimmung läßt sich bei den Jungen in 4 Altersklassen sowie bei den Mädchen in den Altersklassen 13, 14 und 15 feststellen. Die geringen Abweichungen könnten sowohl darin begründet sein, daß JAEGER (1990) die Zahnzahl für Ganzjahresklassen angibt, als auch durch die Rundung auf ganzzahlige Werte in unserer Arbeit verursacht sein. Da es sich bei den Abweichungen in allen Fällen um eine Zunahme der Zahnzahl in unserer Untersuchung handelt, könnte man hier auch das Wirken akzelerativer Prozesse vermuten. Diese Tendenz ist auch bei einem Vergleich unserer Ergebnisse mit der Normtabelle von ADLER (1958) feststellbar. In fast allen Altersklassen weisen die Jenaer Kinder eine um 1 bis 2 Zähne höhere Zahnzahl auf. Lediglich in den Altersklassen 8,5 und 9,0 bei den Mädchen sowie 9,0 und 9,5 bei den Jungen zeigen sich übereinstimmende Zahnzahlen. Diese Altersklassen sind jedoch durch eine Ruhepause zwischen den beiden Phasen der 2. Dentition gekennzeichnet (vgl. Abb. 13).

Über eine Einteilung der Individuen in Spät- Normal- und Frühzahner anhand der mittleren Zahnzahl gibt es in der Literatur ebenfalls unterschiedliche Angaben, die teilweise von der von uns gewählten Methodik abweichen.

Zur besseren Vergleichbarkeit der weiteren Untersuchungsergebnisse wählten wir das gleiche Verfahren wie WURSCI (1993), der zur Einteilung der Gruppen die einfache Sigmagrenze heranzog und sich dabei auf JAEGER (1983) stützt.

Den 2-fachen Streuungsbereich verwendeten ADLER-HRADECKY und ADLER (1958). Danach müßten rund 5 % der Meßwerte außerhalb dieses Bereiches liegen. In ihren Untersuchungen an ungarischen Kindern fanden sie jedoch wesentlich mehr Gebißbefunde außerhalb dieses statistischen Streuungsbereiches und sprechen von einer asymmetrischen Verteilung dieser Befunde mit einer Bevorzugung der Dentitionsbeschleunigung (Frühzahner) gegenüber der Dentitionsverzögerung (Spätzahner). FELGENTREFF et al. (1977) propagieren ebenfalls den doppelten Streubereich oder 95 %-Bereich um den Mittelwert als Normbereich für die Durchbruchstermine der menschlichen Zähne und sehen darin eine nicht unerhebliche Erweiterung der Norm gegenüber herkömmlichen Darstellungen. Zur einfachen Einschätzung, ob eine Früh- oder Spätzahnung vorliegt, schlagen sie ein graphisches Verfahren vor.

ADLER-HRADECKY (1959) bezeichnet die jeweils ersten bzw. letzten 10 % der Gesamtpopulation als Früh- bzw. Spätzahner.

DIESNER und GÖBEL (1979) weisen auf der Grundlage ihrer Eruptionskurven den Bereich unterhalb des 25 %-Niveaus der wahrscheinlichsten Durchbruchshäufigkeit den Frühzählern zu, den Bereich oberhalb des 75 %-Niveaus den Spätzählern.

#### 6.1.6. Die Phasen des Zahnwechsels

Anhand des Medians der Anzahl bereits eruptierter Zähne konnte in der vorliegenden Untersuchung der zeitliche Ablauf der 2. Dentition in zwei Phasen und einer dazwischenliegenden Wechsellpause graphisch dargestellt werden. Diese Beobachtung wird in der Literatur vielfach bestätigt, so u. a. bei SCHOUR und MASSLER (1941), HELLMAN (1943), FULTON und PRICE (1954), ADLER (1958) sowie HENKE (1960 und 1961).

Die erste Wechselgebißphase wird als die Periode des Durchbruchs der 1. Molaren sowie aller Incisivi beschrieben. Der anschließenden Ruhepause folgt die zweite Wechselgebißphase, in welcher Eckzähne, 1. und 2. Prämolaren sowie die zweiten Molaren zum Durchbruch gelangen. ADLER (1958) fügt noch eine dritte Phase mit dem Durchbruch des Weisheitszahnes hinzu.

Die Angaben zur Ruhepause zwischen den aktiven Dentitionphasen sind in der Literatur sehr verschieden. Wir stellten bei den Jenaer Kindern fest, daß die Ruhepause bei den Mädchen eine Altersklasse früher als bei den Jungen einsetzt und sich bei beiden Geschlechtern über einen Zeitraum von durchschnittlich einem Jahr erstreckt.

Die von ADLER (1959) aus 40 Quellen in der Literatur anhand der mittleren Durchbruchstermine ermittelte durchschnittliche Dauer der Wechsellpause beträgt 1,86 Jahre bei den Jungen, bei den Mädchen 1,65 Jahre und zeigt damit einen Geschlechterunterschied. HELLMAN (1943) gibt eine Pausenlänge von 2 Jahren für die Mädchen und von 2,5 Jahren für die Jungen an. Eine Diskrepanz unserer Ergebnisse besteht ebenfalls zur Feststellung von WURSCHI (1993), der für die Jenaer Kinder eine geringfügig verlängerte Wechsellpause bei den Mädchen gegenüber den Jungen fand. Dieser Unterschied ist dadurch erklärbar, daß er zur Bestimmung der Pausenlänge den Mittelwert aus den Differenzen zwischen dem individuellen Durchbruchstermin des letzten Zahnes der ersten Phase und des ersten Zahnes der zweiten Phase verwendet und damit einen präziseren Zeitwert ermittelt. Unsere Werte sind dagegen auf Grund der Angabe in Halbjahresklassen relativ ungenau. Wegen der, in Anbetracht der ohnehin kurzen Zeitspanne, hohen Schwankungsbreite der Pausenlänge kam es uns weniger auf die genaue Bestimmung dieser Zeitspanne an, als auf die graphische Darstellung des phasenhaften Verlaufs der 2. Dentition an sich sowie die Gegenüberstellung beider Geschlechter und der drei Dentitionsgruppen.

Deutliche Unterschiede zeigen sich vor allem im Vergleich der Dentitionsgruppen. Die Länge der Wechsellpause nimmt bei den Jungen in der Reihenfolge Frühzahner – Normalzahner – Spätzahner kontinuierlich zu. Bei den Mädchen ist sie für Früh- und Normalzahner gleich, bei den Spätzählern jedoch deutlich verlängert. Daraus resultiert vermutlich auch die Zunahme der Zeitabstände zwischen den Gruppen beim Vergleich von Dentitionsbeginn und Dentitionsende.

## 6.2. Beziehungen zwischen Zahnalter und körperlicher Entwicklung

Die hier angestellte Betrachtung zu den Beziehungen zwischen körperlicher Entwicklung und Dentition der Jenaer Kinder gestattet auf Grund der geringen Probandenzahl bei den Spät- und Frühzählern nur tendenzielle Aussagen. Ein kausaler Zusammenhang im Sinne einer Abhängigkeit kann zwischen dem Dentitionsgeschehen und der körperlichen Entwicklung nicht existieren (TANNER 1962, TANGUAY et al. 1986, JAEGER 1990).

Eine weitere Problematik stellt das in seinem zeitlichen Ablauf ungleiche Auftreten der zu vergleichenden Phänomene dar. Das Wachstum erfolgt, von zwischenzeitlichen und in verschiedenen Strukturen zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftretenden Wachstumsschüben abgesehen, bis zum Erreichen eines „Endpunktes“ relativ kontinuierlich. Dem steht der phasenhafte Durchbruch der Zähne in die Mundhöhle gegenüber. Die Zahnzahl erhöht sich oft durch den zeitgleichen Durchbruch mehrerer Zähne innerhalb einer Altersklasse sprunghaft. Das erschwert die Zuordnung einer Zahnzahl zu einem konkreten Zeitpunkt in der körperlichen Entwicklung. Gerade der Zahndurchbruch unterliegt trotz seiner starken genetischen Fixierung zahlreichen, die Eruption beschleunigenden oder verlangsamen den endogenen und exogenen Einflüssen. Dies gilt es bei der Bewertung der Ergebnisse zu bedenken.

### 6.2.1. Körperhöhe und BMI

Wie die von uns ermittelten Kurven der Körperhöhe zeigen, verläuft das Wachstum der Jenaer Kinder während der Zeit der zweiten Wechselgebissphase in allen drei Dentitionsgruppen relativ kontinuierlich. Das von SHUTTLEWORTH (1939) beobachtete frühzeitige Einsetzen eines puberalen Wachstumsschubes bei Kindern mit einem Vorsprung in der Zahnentwicklung ist nicht zu erkennen. Nach KNUSSMANN (1996) setzt diese Steigerung des Körperhöhenwachstums bei den Mädchen am häufigsten im 12. Lebensjahr, bei den Jungen im 14. Lebensjahr ein. Er betont jedoch die großen individuellen Unterschiede, durch die sich auch die Streuung erheblich erhöht. Dies könnte die Ursache für die Kontinuität unserer Kurven sein.



Hier wäre zur Beurteilung des Wachstums die Darstellung der jährlichen Körperlängenzunahme, wie es HAGEN (1964) vorschlägt, sicher aussagekräftiger. Dies war allerdings nicht Ziel unserer Untersuchungen.

Die Kurven des BMI verlaufen dagegen bei beiden Geschlechtern weitaus ungleichmäßiger. Das zeigt sich besonders deutlich bei den Frühzählern. Einer der Gründe für dieses Kurvenverhalten ist sicher in der geringen Probandenzahl sowohl bei den Früh- als auch bei den Spätzahlern zu sehen. Fehlt z. B. ein Kind dieser Gruppen mit einem hohen BMI zu einer Untersuchung, macht sich das sofort in einem Rückgang des Mittelwertes für dieses Merkmal bemerkbar.

Desweiteren führen individuelle Veränderungen bei kleinen Probandengruppen viel schneller zu Schwankungen des Durchschnittes. So führt z. B. ein einsetzender Wachstumsschub, dem nur stark verzögert auch eine Gewichtszunahme folgt, ebenso zu einer Verringerung des BMI, wie plötzliche Gewichtsabnahmen infolge einer Erkrankung. Umgekehrt können Gewichtszunahmen ohne ein adäquates Körperwachstum zu einer überdurchschnittlichen Erhöhung des BMI führen.

Beide Merkmale, Körperhöhe und BMI, zeigen in unseren Untersuchungen innerhalb aller Altersklassen bei beiden Geschlechtern eine tendenzielle Beziehung zum individuellen Stand der dentalen Entwicklung.

Größere Kinder und Kinder mit einem größeren BMI als der Populationsdurchschnitt sind auch in ihrer Zahnentwicklung den gleichaltrigen Kindern voraus. Umgekehrt weisen nur die Jungen mit einem Rückstand in der Zahnentwicklung auch kleinere mittlere Körperhöhenwerte als der Durchschnitt ihrer Altersklasse auf.

Damit kann bestätigt werden, daß sich der von WURSCH (1993) schon für die erste Wechselgebissphase festgestellte Trend auch in der zweiten Phase fortsetzt.

Das zeigt sich auch in den Ergebnissen der Varianzanalyse, bei welcher der kontinuierlich wirkende Einfluß des Alters auf die untersuchten Merkmale in der Bestimmung der Abhängigkeiten berücksichtigt werden konnte. Danach zeigen sowohl die Früh- als auch die Spätzahler in beiden Geschlechtern beim BMI die größten prozentualen Abweichungen ihrer Gruppenmittelwerte vom Gesamtmittelwert. Für die Jungen kann diese Aussage auch bei der Körperhöhe getroffen werden. Bei den Mädchen weichen nur die Frühzahler deutlich vom Gesamtmittelwert der Körperhöhe ab.

Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit den Angaben von TANNER (1962) weitestgehend überein. TANGUAY et al. (1986) weisen diesen Trend auch für die 1. Dentition nach. Beide Autoren warnen jedoch davor, darin einen direkten Zusammenhang zwischen Wachstum und Dentition zu sehen. Ihrer Meinung nach besteht während des gesamten Wachstums lediglich eine Beziehung zwischen der Zahnreife und dem relativen Stand der morphologischen Entwicklung.

Signifikante Mittelwertabweichungen lassen sich bei unseren Untersuchungen allerdings sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen nur in wenigen Altersklassen, vor allem zu Beginn der zweiten Wechselgebißphase, nachweisen und können die beobachteten Unterschiede nicht generell sichern. Die zunehmende Variabilität der Merkmale kann hier die Ursache für die nicht zu sichernden Unterschiede sein.

SHUTTLEWORTH (1939) verglich, getrennt nach Jungen und Mädchen, Kinder, die er nach dem Alter ihres schnellsten Längenwachstums in Frühreife, Spätreife und eine Durchschnittsgruppe unterteilte. Er stellt fest, daß bei beiden Geschlechtern die Kinder der frühreifen Gruppe in ihrer Zahnentwicklung durchgehend denen der mittleren und der spätreifen Gruppe voraus sind. Bei den Jungen zeigt auch die Durchschnittsgruppe einen Vorsprung vor den Spätreifen. HESPE (1983) und WETTERAU (1983) stellen ebenfalls fest, daß bei überdurchschnittlich großen Kindern meist bereits mehr Zähne durchgebrochen sind als bei gleichaltrigen Kindern mittlerer oder unterdurchschnittlicher Körpergröße. PARACUCHI et al. (1970) ermittelten bei 1200 Kindern beider Geschlechter im Alter zwischen 5 und 10 Jahren ebenfalls eine hochsignifikante Korrelation zwischen den Variationen des Körperbaus und des Gesichts einerseits und der prozentualen Häufigkeit des Vorhandenseins permanenter Zähne in der Mundhöhle andererseits. Dabei ist der Prozentsatz bereits eruptierter bleibender Zähne bei Individuen mit zarter, kleiner Statur und niedrigem Gewicht am kleinsten und umgekehrt.

Die Mehrzahl der Studien allerdings geben nur eine geringe Korrelation zwischen dem Längenwachstum und der Zahnentwicklung an (NANDA 1960, BJÖRK und HELM 1967, HÄGG und TARANGER 1982, TANGUAY et al. 1986, SHUPER et al. 1985, HELM 1990). MEREDITH (1959a) stellt fest, daß skelettale und dentale Entwicklung weder die gleichen, noch ähnliche physiologische Determinanten haben.

FRITSCH (1975) untersuchte, inwieweit die Durchbruchshäufigkeit der 2. Molaren zur zeitlichen Festlegung des präpuberalen Wachstumsschubes herangezogen werden kann. Er findet zwar eine relativ hohe Korrelation zwischen der skelettalen Reife und dem Durchbruch der sogenannten Zwölfjahrmolaren, bezeichnet diesen Zusammenhang aber als altersbedingt. Er stellt fest, daß das entscheidende Geschehen in der Dentition der Zwölfjahrmolaren bei Jungen und Mädchen während unterschiedlicher skelettaler Reifephasen stattfindet und verneint deshalb eine echte Korrelation der beiden betrachteten Merkmale.

Unter Verwendung einer neueren Methode zur Bestimmung des Reifestadiums des Gebisses anhand der individuellen Anzahl bereits eruptierter permanenter Zähne (FILIPSSON 1975) stellen FILIPSSON und HALL (1975) dagegen eine hohe Korrelation zwischen dem Körperhöhenwachstum und dem Zahnalter bei Mädchen fest. Faßt man zusätzlich die Faktoren Menarchealter, Zahnreife sowie Körperhöhe in einer Regressionsanalyse zusammen, wird die Genauigkeit der Vorhersage der voraussichtlichen Körperendhöhe um 52 % erhöht. Geschlechtsentwicklung und Zahnalter der Mädchen dagegen korrelieren nur in geringem Maße miteinander, wie beide Autoren in einer weiteren Studie (FILIPSSON und HALL 1976) feststellen.

Bei der Analyse der Entwicklung der Körperhöhe und des BMI im Zusammenhang mit dem Dentitionsgeschehen müssen auch der Einfluß der Ernährung und die individuelle Akzeleration berücksichtigt werden. Eine optimale Ernährung oder ein Nahrungsüberfluß begünstigen die gesamte körperliche Entwicklung und werden als einer der akzelerationsauslösenden Faktoren angesehen. So beobachten GARN et al. (1960) sowie GARN et al. (1965b) einen Zusammenhang zwischen der Zahnentwicklung und dem energetischen Zustand der Kinder. Größere und schwerere Kinder zeigen eine geringe Beschleunigung ihres Zahnwechsels. Für JAEGER (1980) stellt die Ernährung einen nicht unwesentlichen Faktor im Gesamtgeschehen der Akzeleration dar. Er betont aber, daß sie bei weitem nicht die einzige Ursache für dieses Phänomen ist. Er sieht die Akzeleration vielmehr als Folge der ständigen Optimierung der Umwelt des Menschen an, wodurch eine immer bessere Realisierung des genetischen Programms ermöglicht wird. JAEGER et al. (1990) verglichen die Ergebnisse mehrerer Jenaer Schulkinderuntersuchungen zwischen 1880 und 1985 und ermittelten für beide Geschlechter eine nahezu kontinuierliche Zunahme der Körperhöhe und eine Vorverlagerung des Pubertätswachstumsschubes. Im Vergleich der Erhebungen von 1975 und 1985 stellen sie jedoch eine Verlangsamung des Akzelerationsprozesses fest.

Die Entwicklung der Körperhöhe, wie auch die gesamte Kopfentwicklung, stehen in einem engen Zusammenhang mit der Knochenreifung. MOORE et al. (1990) finden signifikante Relationen zwischen Körperhöhe und skelettalem Alter. GREEN (1961) ermittelte die skelettale Reife von 8 – 12jährigen Kindern anhand von Handskelettaufnahmen und errechnete einen Korrelationskoeffizienten zwischen Skelettalter und Körperhöhenalter von +0,76. HÄGG und TARANGER (1982) bezeichnen die skelettale Reife als verlässlichen Indikator für den puberalen Wachstumsschub. BROWN et al. (1971) bestätigen diesen Zusammenhang für das Gesichtswachstum bei australischen Aborigines und stellen keinen Unterschied zu europäischen Angaben fest.

Zwischen der skelettalen Reife und der Zahnentwicklung bestehen dagegen, wie die Angaben vieler Autoren zeigen, keine oder nur sehr geringe Zusammenhänge. DEMIRJIAN (1986) spricht von einer fehlenden Synchronisation zwischen Knochen- und Zahngewebe auf Grund der unterschiedlichen embryonalen Herkunft von Knochen (Mesoderm) und Zähnen (Ektoderm). Dieser Meinung ist auch JAEGER (1990), der ebenfalls die unterschiedliche Genese von Knochen und Zähnen für die geringen Korrelationen verantwortlich macht. SCHOPF (1984) findet zwischen dem dentalen Entwicklungsstand und dem Knochenalter nur sehr niedrige Korrelationskoeffizienten, die er darauf zurückführt, daß dentale und skelettale Entwicklung sehr unterschiedlich ablaufen. Zwischen dem nach der Knochenreife bestimmten Alter und dem Zahnalter gibt es seiner Meinung nach je nach Lebensalter unterschiedliche, aber insgesamt große Unterschiede. Das wird auch von BAZIN (1991) bestätigt. Sie ermittelte für den Unterschied zwischen Knochenalter und Zahnalter Extremwerte von -2 bis +3 Jahren bei den Jungen und -2,5 bis +3 Jahren bei den Mädchen. KÜNECKE (1981) stellte bei 59,2 % der Jungen und 59,7 % der Mädchen Differenzen zwischen Zahn- und Skelettalter von maximal einem Jahr fest.

Für die Beziehung der Zahnreifung zur Skelettreifung gibt TANNER (1986) einen Korrelationskoeffizienten in der Größenordnung von  $r = +0,4$  an. Seiner Ansicht nach messen sowohl das Zahnalter als auch das Skelettalter verschiedene Arten von Reifung, obwohl beide Systeme Ausdruck der Reifung insgesamt sind. Zusammenfassend kann man also aus der geringen Übereinstimmung von skelettaler Reife und Zahnalter einerseits sowie den gefundenen hohen Korrelationen zwischen Skelettalter und Körperwachstum andererseits auf einen nur geringen Zusammenhang zwischen der dentalen Entwicklung und dem Körperhöhenwachstum schließen.

Auch JAEGER (1990) stellt fest, daß man aus der meist geringen Korrelation zwischen Zahnzahl und Körperhöhe nicht auf einen Einfluß der Dentition auf die Körperhöhe oder umgekehrt schließen kann. Vielmehr unterliegen beide Variablen einer gemeinsamen komplexen Steuerung, sind aber von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Das Zahnalter und das morphologische Alter sind demnach zwei verschiedene Komponenten der physiologischen Entwicklung des Menschen, die in unterschiedlichem Maße von anderen, die Reifung steuernden Elementen beeinflußt werden. Als eine Komponente dieser komplexen Steuerung werden Wachstums- und Sexualhormone genannt. So beschreiben GARN et al. (1965a) bei Kindern mit einem Sexualhormonmangel eine verspätete Reifung der Zähne. Auch GAETHOFS et al. (1999) finden bei Jungen mit einem verminderten Wachstum und Pubertas tarda einen signifikanten Rückstand der Zahnreifung.

#### 6.2.2. Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite

Einen weiteren Schwerpunkt der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen der Dentition und der körperlichen Entwicklung stellte die Analyse der drei anthropologischen Kopfmaße Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite hinsichtlich ihrer Beziehung zum Dentitionsgeschehen dar. Bei allen drei Merkmalen zeigt sich ein deutlicher Trend der Spätzahner zu kleineren Werten. Dieser ist bei den Mädchen in fast allen Altersklassen signifikant. Unterschiede dieser Merkmale zwischen Kindern, die in ihrer Zahnentwicklung den gleichaltrigen voraus sind, und den Kindern mit durchschnittlicher Zahnzahl sind dagegen bei beiden Geschlechtern nicht feststellbar.

Im Vergleich zur Untersuchung von WURSCHI (1993) ist die Tendenz der Spätzahner zu kleineren Kopfmaßen damit deutlicher geworden.

Unsere Beobachtung wird auch durch das Ergebnis der Varianzanalyse bestätigt. Der Einfluß des Dentitionsverhaltens auf die Gesamtvarianz der Kopfmaße ist zwar bei beiden Geschlechtern als unerwartet hoch einzuschätzen. Die Berechnungen ergaben jedoch bei den Mädchen wesentlich höhere Werte als bei den Jungen.

Auch die prozentualen Abweichungen vom Mittelwert der Gesamtgruppe, die, bereinigt um den Einfluß einer altersgemäßen Zunahme, allein auf Unterschiede im dentalen Entwicklungsstand zurückgeführt werden können, sind bei den weiblichen Spätzahnern größer als bei den männlichen.

Eine Erklärung für diese Beobachtungen ist schwer zu finden. Vermutlich ist die Entwicklung des Kopfes bei den Mädchen auf Grund seines zierlicheren Aufbaus leichter durch die mit dem Durchbruch der permanenten Zähne und der Zunahme der Zahnzahl verbundene stärkere Krafteinwirkung beim Kauen und Beißen im Sinne einer Wachstumsstimulation beeinflussbar. Die einwirkenden Kräfte sollten verstärkt eine Zunahme der Kopflänge und des Kopfumfangs bewirken. Signifikante Unterschiede zwischen den Spätzhähnern und den anderen beiden Gruppen zeigen sich bei den Mädchen am häufigsten für diese beiden Merkmale. Auch im Ergebnis der Varianzanalyse zeigen Kopflänge und Kopfumfang der spätzhähnernden Mädchen die größten gewichteten Mittelwertabweichungen.

KUMMER (1990) äußert in einer theoretischen Abhandlung die Ansicht, daß die Morphogenese des Gesichtsschädels und in geringerem Maße auch des Hirnschädels ebenso wie das postkraniale Skelett neben den Erbfaktoren ganz wesentlich durch die spezifische mechanische Beanspruchung bestimmt wird. Bei den Jungen in unserer Untersuchung könnte das Kopfwachstum dagegen stärker durch Erbfaktoren bestimmt sein. Für das männliche Geschlecht lassen sich praktisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zahnungsgruppen nachweisen.

Der geringe Anstieg der Wachstumskurven in den Abbildungen 18 – 20 deutet darauf hin, daß der Kopf im untersuchten Zeitraum kurz vor dem Abschluß seines Wachstums steht. ZELLNER (1982) errechnete, daß 7jährige Kinder bereits durchschnittlich 96 % bis 97 % der Kopflänge bzw. Kopfbreite der 14jährigen erreicht haben. Nach FALKNER (1985) haben 10jährige Kinder nahezu 90 % ihres endgültigen Kopfumfangs erreicht.

Aus dem oben Gesagten könnte man schlußfolgern, daß Kinder mit einer durchschnittlichen oder beschleunigten Zahnentwicklung auch höhere Endwerte bei den Kopfmaßen erreichen als Kinder mit einer verzögerten Zahnentwicklung. Mögliche Meßungenauigkeiten auf Grund der relativ niedrigen Zuwachsraten können aber auch das Ergebnis in diesem Falle eher falsch positiv beeinflussen. Deshalb soll hier nochmals auf die begrenzte Aussagekraft unserer Ergebnisse für die Früh- und Spätzhahner auf Grund der sehr geringen Probandenzahl in diesen Gruppen hingewiesen werden, was auch am ungleichmäßigen Kurvenverlauf der Kopfmaße in diesen beiden Gruppen deutlich wird.

Eine direkte Wirkung der Dentition auf die betrachteten Kopfmaße kann schon aus rein logischen Erwägungen ausgeschlossen werden. Bei individuumbezogener Betrachtung könnte aber bei den Spätzählern ein Zusammenhang im Sinne eines gleichsinnigen Entwicklungsstandes der Dentition und des Kopfwachstums vorhanden sein.

Einen Geschlechtsunterschied bei diesen Merkmalen mit höheren Werten bei den Jungen in allen Altersklassen bestätigen OSTER (1964) sowie ZELLNER (1983).

Zum Akzelerationsthema äußern sich ZELLNER und BACH (1985). Sie verglichen die Ergebnisse von Jenaer Schulkinderuntersuchungen zwischen 1944 und 1980 und stellten dabei bei beiden Geschlechtern eine relativ kontinuierliche Zunahme der Kopflänge fest. Die Veränderungen der Kopfbreite erwiesen sich zwar als nicht signifikant, jedoch ermittelten die Autoren eine Tendenz zu niedrigeren Mittelwerten und sprechen deshalb von einem Prozeß der zunehmenden Debrachykephalisation bei den Jenaer Kindern. Diesen ausgeprägten Wandel in der Kopfform können ZELLNER et al. (1998) in weiteren Untersuchungen der Jahre 1985 und 1995 bestätigen. Die gegensätzlichen Veränderungen der Längen- und Breitenausdehnung des Hirnkopfes waren für den Zeitraum 1975 – 1985 – 1995 bei den Jungen als auch bei den Mädchen in allen Altersklassen statistisch signifikant.

JAEGER et al. (1998) vermuten für diese Entwicklung einen reziproken Zusammenhang mit der Körperhöhe.

### 6.2.3. Transversale und vertikale Gesichtsentwicklung

Das Gesichtswachstum stand und steht im Zentrum zahlreicher Untersuchungen. Studien über die Zusammenhänge zwischen dieser Komponente der körperlichen Entwicklung speziell im Kopfbereich und der Dentition finden sich dagegen seltener in der Literatur. Dabei wäre gerade diese Betrachtungsweise für den Kieferorthopäden von besonderer praktischer Bedeutung für die Festlegung des Therapiebeginns und der Planung des Therapieergebnisses.

Als Ursache dafür wäre zu nennen, daß für viele Autoren das Kopf- und Gesichtswachstum anhand des Dentitionsstandes nur unbefriedigend vorhersagbar ist (NANDA 1960, FRITSCH 1975, KOCH et al. 1982, GRAF et al. 1982, TANNER 1986).

ANOUS und GRUBER (1990) beschreiben vier Wachstumsschübe der Gesichtsentwicklung, von denen jeder mit einem Dentitionsereignis zusammenfällt. Als diese Ereignisse nennen sie:

1. das Ende der 1. Dentition,
2. den Durchbruch der permanenten Schneidezähne und ersten Molaren (erste Wechselgebissphase),
3. den Durchbruch der permanenten Eckzähne, der Prämolaren und der zweiten Molaren (zweite Wechselgebissphase) und
4. den Durchbruch der Weisheitszähne.

Sie sehen damit die Dentition als Hauptfaktor des Gesichtswachstums an, führen allerdings keine Untersuchungsergebnisse auf.

NANDA (1960) schlußfolgert dagegen aus der engen Beziehung von Gesichtswachstum und Körperhöhenwachstum einerseits sowie dem Fehlen signifikanter Korrelationen zwischen Zahnentwicklung und dem Zeitpunkt des maximalen Körperhöhenwachstums andererseits, daß das Wachstumsmuster des Gesichtes ebenfalls keine signifikante Korrelation zum Durchbruch der permanenten Zähne aufweist.

JAKOBI (1961) ist der Meinung, daß das Wachstum des Gesichtes mit dem Körperhöhenwachstum nicht beendet ist, sondern bis in das Erwachsenenalter anhält. HUNTER (1966) stellte ebenfalls fest, daß sich das Gesichtswachstum bei Männern auch nach dem Erreichen der endgültigen Körperhöhe bis in die dritte Lebensdekade fortsetzt und höhere Endwerte erreicht als bei den Frauen.

Zwischen dem Längen- und Breitenwachstum des Gesichtes wurden vielfach Unterschiede festgestellt. Die Wachstumsraten in transversaler Richtung sind geringer als das Wachstum in vertikaler Richtung (JAKOBI 1961, SNOELL et al. 1993). GAZI-COKLICA et al. (1997) finden ebenfalls für die morphologische Gesichtshöhe die höchsten Zuwachsraten im Vergleich zu Jochbogenbreite und Unterkieferwinkelbreite.

Im Vergleich der Jenaer Untersuchungen von 1975 und 1980 stellen ZELLNER und BACH (1985) sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen eine Verschmälerung des Gesichtes fest, die sich in einer Verringerung der Unterkieferwinkelbreite und Konstanz der Werte für die Jochbogenbreite einerseits sowie einer Zunahme der Werte für die morphologische Gesichtshöhe und die Untergesichtshöhe andererseits zeigt.



Bei einem weiterführenden Vergleich mit neueren Daten von 7 – 14jährigen Jenaer Kindern aus dem Jahre 1985 finden ZELLNER et al. (1999) eine Fortsetzung des Trends zu einer Verschmälerung des Gesichts. Die Werte der Jochbogenbreite blieben weitestgehend konstant, während für die Unterkieferwinkelbreite eine Zunahme zu verzeichnen war. Diese Zunahme lag jedoch unter dem Zuwachs bei der morphologischen Gesichtshöhe und der Untergesichtshöhe. Die Autoren sehen in dieser Veränderung der Gesichtsform ein Zeichen des säkularen Trends.

#### 6.2.3.1. Transversale Gesichtsentwicklung

Zur Betrachtung der transversalen Gesichtsentwicklung untersuchten wir in der vorliegenden Arbeit die Entwicklung der Jochbogenbreite und der Unterkieferwinkelbreite. Beide Merkmale stehen nicht in direkter Beziehung zu den zahntragenden Teilen des Schädels. KOCH et al. (1982) bestätigen jedoch eine aufeinander abgestimmte Entwicklung der Joch- und Zahnbögen.

Die vorliegenden Ergebnisse des Jenaer Längsschnitts zeigen sowohl bei der Jochbogenbreite als auch bei der Unterkieferwinkelbreite nur einen geringen Trend zu unter dem Durchschnitt liegenden Werten bei den Spätzählern sowie überdurchschnittlich hohen Werten bei den Frühzählern. Dieser Trend läßt sich bei beiden Maßen für die männlichen Frühzahler in etwa der Hälfte der untersuchten Altersklassen statistisch absichern. Bei den Mädchen dagegen sind praktisch keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Die Unterschiede zwischen Kindern mit einer normalen Zahnentwicklung und Kindern mit einer Dentitionsbeschleunigung bzw. Dentitionsverzögerung sind bei beiden Maßen gering. Auch hier findet sich Übereinstimmung mit den Untersuchungen von WURSCHI (1993). Die Ergebnisse der Varianzanalyse vermitteln ein umgekehrtes Bild wie bei den Kopfmaßen. Bei den transversalen Gesichtsmaßen stellen wir bei den Jungen einen im Vergleich zu den Mädchen deutlich größeren Einfluß des dentalen Entwicklungsstandes fest. Die gewichteten Mittelwerte der männlichen Frühzahler weichen deutlich vom Gesamtmittelwert ab. Bei den Mädchen zeigen dagegen nur die Spätzahler geringe Mittelwertabweichungen.

KOCH et al. (1982) verglichen Jochbogenbreite und Unterkieferwinkelbreite bei Kindern mit eugnathen und dysgnathen Gebissen. Dabei stellten sie für Jungen und Mädchen fest, daß beide anthropologischen Maße bei Kindern mit eugnathen Gebissen größer waren als bei den Kindern mit dysgnathen Gebissen. Da diese Unterschiede allerdings erst ab einem Alter von 13 Jahren signifikant waren, sind die Autoren der Ansicht, daß beide Parameter nur mit Vorbehalt als Kriterien für die Einschätzung der Gebißsituation heranzuziehen sind. HARZER und HETZER (1987) untersuchten den Wachstumsverlauf der Alveolarfortsätze und stellen fest, daß dieser im Ober- wie im Unterkiefer sowohl in sagittaler als auch in transversaler Richtung maßgeblich vom Dentitionsverlauf bestimmt wird. Vermutlich liegt also den beobachteten Unterschieden zwischen den Dentitionsgruppen die dentitionsabhängige Breitenzunahme der Alveolarfortsätze zu Grunde. MEREDITH (1960) sieht die Entwicklung der Unterkieferwinkelbreite in einem Verhältnis zum Breitenwachstum des Gesichts, das nach ENLOW (1989) durch die Breite der Schädelbasis und des Hirnschädels limitiert wird.

#### 6.2.3.2. Vertikale Gesichtsentwicklung

Morphologische Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe sind Vertikalmaße des Gesichtes, die eine Beeinflussung durch das Dentitionsgeschehen erwarten lassen. Nach KORKHAUS (1939) kommt es infolge des Durchbruchs der permanenten Eckzähne und Prämolaren zu einer sogenannten „dritten physiologischen Bißhebung“. Es ist zu erwarten, daß sich diese in der Entwicklung der morphologischen Gesichtshöhe und der Untergesichtshöhe bemerkbar macht. Die eigenen Ergebnisse lassen jedoch für die Jenaer Kinder, vor allem bei den Mädchen, keine Zusammenhänge zwischen der vertikalen Gesichtsentwicklung und dem Dentitionsverhalten erkennen. Insbesondere die beschriebene Bißhebung ist bei Betrachtung der vertikalen Gesichtsmaße nicht feststellbar. Lediglich bei den Jungen zeigt sich in den unteren Altersklassen sowohl bei der morphologischen Gesichtshöhe als auch bei der Untergesichtshöhe ein Trend zu höheren Werten bei den Frühzähmern und geringeren Werten bei den Spätzähmern, der aber nur in 2 Altersklassen signifikant ist.

Es sollte jedoch nicht die Schlußfolgerung gezogen werden, daß angesichts der Untersuchungsergebnisse die Zahnentwicklung keinen Einfluß auf die vertikale Gesichtsentwicklung hat.

Hier können methodische Ursachen vorliegen, die dieses Ergebnis bedingen. Zum einen ist es schwierig, eine Bißhebung und die damit verbundenen knöchernen Umbauvorgänge am äußeren Weichteilprofil sicher nachzuweisen und zum anderen lassen wahrscheinlich die beobachteten geringen Zuwachsraten in dem untersuchten Entwicklungsabschnitt solche spezifischen Aussagen nicht zu. Für die Entwicklung der zahntragenden Strukturen des Schädels sind das Vorhandensein der Zahnkeime sowie die Mechanismen ihrer Reifung und Eruption wesentlich bedeutungsvoller, als der Zeitpunkt, zu dem der Durchbruch in die Mundhöhle erfolgt. Der für eine Bißhebung notwendige Kontakt der durchbrechenden Zähne mit ihren Antagonisten wurde in dieser Untersuchung nicht registriert.

Die Varianzanalyse bestätigt die oben gemachten Aussagen. Es ergibt sich bei den Mädchen kein signifikanter Einfluß des Dentitionsverhaltens auf die Gesamtvarianz der Merkmale morphologische Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe, während dieser Einfluß bei den Jungen signifikant und deutlich größer ist (um 91,3 % bzw. 69,4 %). Sowohl die Frühzahner als auch die Spätzahner des männlichen Geschlechts zeigen bei den gewichteten Gruppennittelwerten der Gesichtsmaße deutliche Abweichungen vom jeweiligen Gesamtmittelwert, die für beide Gruppen höher sind als bei den Kopfmaßen. Für Jungen und Mädchen zeigt sich also bei den Gesichtsmaßen ein im Vergleich mit den Kopfmaßen jeweils umgekehrtes Bild.

Eine allgemeine Erklärung für diese deutlichen Geschlechtsunterschiede könnte das von KNUSSMANN (1996) beschriebene „Kindchenschema“ der Frau sein. Danach hat die Frau in vielen morphologischen Merkmalen – bedingt durch einen früheren Wachstumsabschluß – eine größere Affinität zum Kind als zum Erwachsenen. Auf die Morphologie des Kopfes bezogen besitzt die Frau also ein im Vergleich zum Mann rundlicheres Gesicht und einen relativ großen Hirnkopf. Geht man demzufolge bei beiden Geschlechtern von einer festen genetischen Programmierung der Gesichts- und Kopfentwicklung aus, die relativ unabhängig von funktionellen und umweltbedingten Einflüssen abläuft, wäre der unterschiedliche Einfluß der Dentition auf die Kopf- und Gesichtsmaße also keine direkte Folge des Dentitionsgeschehens, sondern nur auf ein zwischen Jungen und Mädchen unterschiedliches genetisches Programm der Entwicklung des Kopf-Gesichts-Komplexes zurückzuführen. Die Dentition stellt dagegen einen gleichzeitig ablaufenden Entwicklungsprozeß dar, der nur geringe Geschlechtsunterschiede aufweist.

In vielen Untersuchungen wurde dem Geschlechtsunterschied in der Gesichtsentwicklung nachgegangen.

Eine Studie von FERRARIO et al. (1998) am Weichteilprofil des Gesichtes zeigte in allen drei Dimensionen einen deutlichen Geschlechtsdimorphismus. Die Jungen wiesen in allen Altersklassen signifikant höhere Meßergebnisse und höhere Zuwachsraten auf als die Mädchen. Dieser Unterschied wird besonders im unteren Gesichtsdrittel deutlich.

GRAF et al. (1982) stellten für die morphologische Gesichtshöhe und die Untergesichtshöhe bei den Jungen sowohl höhere Werte als auch eine größere absolute und relative Zunahme zwischen dem 7. und dem 15. Lebensjahr als bei den Mädchen fest. Dabei waren die Höhenunterschiede in der überwiegenden Zahl der Altersgruppen signifikant. KOCH et al. (1982) ermitteln bei der Jochbogenbreite und der Unterkieferwinkelbreite in allen Altersgruppen für das männliche Geschlecht signifikant höhere Werte als für das weibliche. GAZI-COKLICA et al. (1997) stellen ebenfalls sowohl für die Gesichtsmaße als auch für die Maße des Kopfes bei den Jungen signifikant höhere Werte als bei den Mädchen fest. NANDA et al. (1990) weisen nach, daß die Mädchen ihr Gesichtswachstum bereits im 15. Lebensjahr beenden, während bei den Jungen ein Wachstum auch noch jenseits des 18. Lebensjahres stattfindet. Diese Angaben werden von FERRARIO et al. (1998) bestätigt.

Um jedoch an die bei der Besprechung der Kopfmaße erörterte Vermutung anzuschließen, könnte man auch annehmen, daß sich die spezifische mechanische Beanspruchung durch das Kauen bei den Jungen deutlicher in einem verstärkten Wachstum des Gesichts bemerkbar macht als bei den Mädchen. Jungen mit mehr Zähnen als der Altersdurchschnitt und damit einer höheren Krafteinwirkung auf den Gesichtsschädel weisen auch längere und breitere Gesichter auf. Hierbei handelt es sich jedoch um eine Hypothese, die bisher durch nichts bewiesen ist. Gegen diese Hypothese sprechen die Ergebnisse einer Studie von VAN SPRONSEN et al. (1997). Sie finden eine signifikant positive Korrelation zwischen der vorderen Gesichtshöhe und der Entwicklung und Faserausrichtung der Mundöffner, nicht dagegen der Mundschließer. HÖNICKE et al. (1995) können einen Zusammenhang zwischen der Gesichtsschädelmorphologie und dem Erregungsmuster des Musculus masseter nachweisen. Patienten mit einer verminderten Anzahl okkludierender Zähne und damit niedriger Kaukraft (es wurden Dysgnathie-Patienten der Angle-Klassen II und III mit eugnathen Probanden der Angle-Klasse I verglichen) zeigten eine deutlich unterschiedlichere elektromyographische Aktivitätsverteilung als die Vergleichsgruppe.

Vor allem kieferorthopädische Untersuchungen versuchten anhand von kephalometrischen Messungen an Fernröntgenaufnahmen des Gesichtes den Einfluß des Zahndurchbruchs auf die Kiefer- und Gesichtsentwicklung zu ergründen. Dabei wurden zahlreiche Zusammenhänge aufgedeckt, deren Entsprechung im Weichteilprofil nicht nachgewiesen werden kann. Nach SCHÄFER (1979) verläuft das Wachstum des Gesichtes insgesamt kontinuierlich mit einem Gipfel im Alter von 11 und 12 Jahren bei den Mädchen sowie 13 und 15 Jahren bei den Jungen. Sie stellt in ihrer fernröntgenologischen Studie allerdings intensive Wachstumschübe in sagittaler Richtung zwischen dem 7. und 8. Lebensjahr sowie dem 12. und 15. Lebensjahr fest, also während der beiden Dentitionsphasen der 2. Dentition.

SINCLAIR und LITTLE (1985) finden bei kephalometrischen Messungen eine signifikante Zunahme der unteren Gesichtshöhe im Verlauf der 2. Dentition, die eindeutig mit dem Durchbruch der unteren ersten und zweiten Molaren korrelierte. SCHOLS und VAN DER LINDEN (1988) bestätigen diese Angaben und sehen auch beim Durchbruch der oberen Molaren eine Beziehung zur Zunahme der Gesichtshöhe. Die Gesichtsentwicklung wird bei den Jungen hauptsächlich durch das beträchtliche Wachstum des Unterkiefers beherrscht, wobei im hinteren Bereich des Untergesichts eine größere Höhenzunahme erfolgt als im vorderen. Bei den Mädchen nimmt die Untergesichtshöhe vorwiegend im hinteren Bereich zu. Hierin könnte ebenfalls eine Erklärung dafür zu sehen sein, daß die Dentition in unserer Untersuchung einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Variation der vertikalen Gesichtsmaße bei den Jungen besitzt, während der Einfluß bei den Mädchen nur sehr gering und nicht signifikant war.

JANSON et al. (1998) bestimmten das Zahnalter nach der Methodik von DEMIRJIAN et al. (1973) bei Kindern mit kleiner bzw. großer vorderer Untergesichtshöhe und stellen signifikante Differenzen zwischen beiden Gruppen fest. Dabei zeigten Kindern mit großer Untergesichtshöhe eine Beschleunigung ihrer dentalen Entwicklung im Vergleich zur anderen Probandengruppe.

Einen interessanten Gesichtspunkt stellen BJÖRK und SKIELLER (1972) zur Diskussion. Sie vermuten, daß die Eruption der oberen Molaren eine Kombination aus der Eruptionsbewegung des Zahnes in Richtung Okklusionsebene und einer Rotation der Maxilla ist.

Vergleichende Untersuchungen der Zahnentwicklung und der vertikalen Gesichtsmorphologie anhand von anthropologischen Messungen finden sich eher selten in der Literatur.

HUNTER (1966) führte eine Längsschnittuntersuchung des Gesichtswachstums durch und unterteilte die von ihm untersuchten Kinder anhand ihres Skelettalters in retardiert, durchschnittlich und akzeleriert. Zwischen den Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede sowohl bei den jährlichen Wachstumsraten, als auch beim absoluten Wachstum des Gesichtsschädels. WURSCI (1993) findet ebenfalls keine gesicherten Abhängigkeiten der vertikalen Gesichtsentwicklung vom Dentitionsgeschehen. BAMBHA und VAN NATTA (1963) dagegen meinen, daß Kinder mit einem akzelerierten Knochenalter sich auch in einem fortgeschrittenen Stadium ihres Gesichtswachstums befinden. NANDA et al. (1990) ermittelten ein Überwiegen des Vorwärtswachstums im Unterkiefer gegenüber dem im Oberkiefer. MEREDITH (1959b) findet eine mit dem Alter zunehmende Variation der Gesichtslänge und eine nur geringe Korrelation zwischen den Wachstumsraten in den drei Ebenen des Gesichtes. GRAF et al. (1982) verglichen morphologische Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe bei Kindern mit eugnathen und dysgnathen Gebissen. Dabei stellten sie für Jungen und Mädchen fest, daß beide anthropologischen Maße bei Kindern mit eugnathen Gebissen kleiner waren als bei den Kindern mit dysgnathen Gebissen. Aus der scheinbaren Diskrepanz, daß Kinder mit einem signifikant tieferen Überbiß der Frontzähne (= Dysgnathie) höhere Werte der Gesichts- und Untergesichtshöhe aufwiesen, zogen sie die Schlußfolgerung, daß sich anhand dieser Vertikalmaße des Gesichtes keine pauschalen Aussagen zur Gebißsituation treffen lassen.

## 7. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den aktuellen Stand der Durchbruchstermine für die im Verlauf der zweiten Wechselgebißphase durchbrechenden Zähne anhand der Jenaer Längsschnittuntersuchung zu ermitteln. Weiterhin sollten, ausgehend von einer aktualisierten Zahnaltertabelle, mögliche Verbindungen zwischen dem Zahndurchbruch und ausgewählten körperlichen Entwicklungsprozessen untersucht und bewertet werden.

Grundlage der vorliegenden Arbeit ist eine im Herbst 1985 mit 109 Mädchen und 98 Jungen aus der Stadt Jena begonnene anthropologische Längsschnittstudie. Die Wiederholungsuntersuchungen wurden dabei in halbjährlichen Abständen durchgeführt. Im Herbst 1989 erfolgte die nachträgliche Aufnahme von 15 Mädchen und 28 Jungen im Alter von 8 Jahren in den Längsschnitt, um die Probandenzahl nach dem abwanderungsbedingten Ausscheiden einiger Kinder relativ konstant zu halten.

Es wird eine geschlechtsspezifische Analyse der zweiten Phase des Wechselgebisses durchgeführt. Diese Phase der 2. Dentition umfaßt den Durchbruch der Eckzähne, der ersten und zweiten Prämolaren sowie des zweiten Molaren in beiden Kiefern. Dazu erfolgen die Bestimmung der mittleren Durchbruchstermine der einzelnen Zähne und eine ausführliche Betrachtung zur individuellen Durchbruchsreihenfolge.

Für jeden Zahn der zweiten Wechselgebißphase werden anhand der prozentualen Durchbruchshäufigkeiten Eruptionskurven ermittelt, die den zeitlichen Verlauf des Durchbruchs dieses Zahnes in der gesamten untersuchten Population beschreiben.

Eine aktualisierte, spezifisch für die Jenaer Kinder gültige Zahnaltertabelle wird erstellt, die für jedes Geschlecht und jede Altersklasse die Anzahl bereits durchgebrochener bleibender Zähne angibt. Auf der Grundlage dieser Tabelle erfolgte eine Einteilung der Jenaer Kinder in drei Zahnungsgruppen (Früh-, Normal- und Spätzahner). Für jede dieser Gruppen wird der zeitliche Ablauf der 2. Dentition betrachtet. Anschließend erfolgt für jede Altersklasse der Vergleich von ausgewählten anthropologischen Merkmalen zwischen den Zahnungsgruppen. Mittels einer multifaktoriellen Varianzanalyse wird versucht, den Einfluß des dentalen Entwicklungsstandes auf die Ausprägung dieser anthropologischen Merkmale zu bestimmen.

Frühere Untersuchungen erforschten die Beziehungen zwischen dem Zahnalter und dem chronologischen Alter sowie anderen Kriterien der körperlichen Reife größtenteils durch direkte Korrelationsbestimmungen oder über die Ermittlung des jeweiligen Verhältnisses dieser Merkmale zur skelettalen Reife eines Individuums. Für Kieferorthopäden stand dagegen der Einfluß von Dysgnathien auf die Gesichtsentwicklung bzw. die Vorhersage von Gebißanomalien anhand der Gesichts- und Schädelmorphologie im Interesse der Untersuchungen. In der vorliegenden Arbeit werden die Beziehungen zwischen dem Zahnalter und der körperlichen Entwicklung direkt durch eine Betrachtung bestimmter anthropologischer Merkmale bei gleichaltrigen, aber in ihrer Dentition unterschiedlich entwickelten Kindern untersucht. Dazu wurden folgende Merkmale ausgewählt:

- Körperhöhe,
- BMI,
- Kopfumfang,
- Kopflänge,
- Kopfbreite,
- Jochbogenbreite,
- Unterkieferwinkelbreite,
- morphologische Gesichtshöhe und
- Untergesichtshöhe.

Die folgenden wesentlichen Ergebnisse konnten festgestellt werden:

Der Vergleich der Durchbruchzeiten der Dentes permanentes in der zweiten Wechselgebißphase ergibt einen generellen Entwicklungsvorsprung der Mädchen vor den Jungen. Dieser ist für die meisten Zähne signifikant. Die Zähne des Unterkiefers brechen bei den Mädchen vor denen des Oberkiefers durch. Bei den Jungen erfolgt der Durchbruch der beiden Prämolaren zuerst im Oberkiefer. Ein Unterschied zwischen den beiden Hälften eines Kiefers ist nicht feststellbar. Im Durchschnitt schwanken die Durchbruchzeiten der Zähne bei den Jungen um  $\pm 1$  Jahr und 20 Tage, bei den Mädchen um  $\pm 1$  Jahr und 2 Monate um das errechnete mittlere Durchbruchsalter.

Die zweite Wechselgebißphase findet bei den Jungen etwa zwischen dem 11. und 13. Lebensjahr statt und erstreckt sich über einen Zeitraum von durchschnittlich  $2,7 \pm 1,0$  Jahren. Bei den Mädchen erfolgt der Seitenzahnwechsel etwa zwischen dem 10. und 12. Lebensjahr über einen Zeitraum von durchschnittlich  $2,9 \pm 1,0$  Jahren. Die ermittelten Extremwerte für die Dauer der zweiten Wechselgebißphase spiegeln eine beträchtliche Variabilität wider.



Die Gegenüberstellung der eigenen Untersuchungsergebnisse mit den Ergebnissen anderer Autoren läßt weder bei Betrachtung des Medians noch des arithmetischen Mittels der Durchbruchstermine einen eindeutigen Trend zu einem früheren oder späteren Durchbruch der permanenten Seitenzähne erkennen.

Im Vergleich mit den Angaben aus einem geographisch benachbarten Gebiet (Stadt Weida in Thüringen) ist im Oberkiefer eine Vorverlagerung unserer Durchbruchstermine festzustellen, im Unterkiefer dagegen eine Verzögerung. Als Ursache wird eine „Normalisierung“ der Dentition im Unterkiefer als Folge des Kariesrückgangs und des damit verbundenen längeren Erhalts der Milchzahnvorgänger im Seitenzahnggebiet diskutiert. Die These von einem weiteren Wirken der säkularen Akzeleration wird für die zweite Phase der 2. Dentition abgelehnt.

Bei den Betrachtungen zur Durchbruchsreihenfolge stellten wir bei beiden Geschlechtern und in beiden Kiefern eine beträchtliche Variabilität fest. Im Oberkiefer erfolgt der Durchbruch am häufigsten in der Reihenfolge:

1. Prämolare – Eckzahn – 2. Prämolare – 2. Molare.

Im Unterkiefer überwiegt die Folge:

Eckzahn – 1. Prämolare – 2. Prämolare – 2. Molare.

In über der Hälfte aller untersuchten Gebißquadranten bricht im Oberkiefer der 1. Prämolare, im Unterkiefer der Eckzahn als erster Zahn der zweiten Wechselgebißphase durch. Zwischen den Geschlechtern gibt es keine wesentlichen Unterschiede. In vielen Fällen läßt sich der gleichzeitige Durchbruch von zwei Zähnen feststellen.

Die berechneten Eruptionskurven zeigen einen typischen S-förmigen Verlauf. Der Vergleich der Eruptionskurven der Zähne vom gleichen Typ innerhalb eines Kiefers läßt auf einen nahezu identischen Durchbruchsverlauf in den jeweiligen Kieferhälften schließen. Der Entwicklungsvorsprung der Mädchen wird wiederum deutlich. Der steilere Kurvenverlauf bei den Jungen deutet jedoch auf eine kürzere Eruptionsphase beim männlichen Geschlecht hin. Bei der Betrachtung der Kurven aller Zähne der zweiten Wechselgebißphase innerhalb eines Kiefers ergibt sich größtenteils eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Untersuchungen zur Durchbruchsreihenfolge.

Anhand der Zahnaltertabelle für die Jenaer Kinder wird festgestellt, daß die Mädchen auch in der Anzahl der bereits durchgebrochenen Zähne einen Vorsprung gegenüber den gleichaltrigen Jungen aufweisen. Dieser Unterschied ist in den Altersklassen 5,5 bis 12,5 Jahre statistisch signifikant. Die in den einzelnen Altersklassen unterschiedliche, aber insgesamt hohe Schwankungsbreite deutet auf einen phasenhaften Ablauf der 2. Dentition und ein unterschiedliches Tempo des Zahnwechsels der Individuen hin.

Bei der Einteilung der Kinder in die Dentitionsgruppen Früh-, Normal- und Spätzahner anhand der einfachen Standardabweichung zeigt sich, daß für den gesamten Längsschnitt nur wenige Kinder eindeutig als Früh- bzw. Spätzahner eingestuft werden können. Kinder, die weniger als 10mal untersucht wurden und/oder während des Längsschnitts zwischen allen drei Dentitionsgruppen wechseln, wurden nicht berücksichtigt.

Zwischen den Dentitionsgruppen zeigen sich deutliche Unterschiede im Dentitionsverlauf. Die sogenannte Wechsellpause zwischen den beiden Phasen der 2. Dentition ist in beiden Geschlechtern bei den Spätzählern verlängert. Die Frühzahner haben nur bei den Jungen eine verkürzte Wechsellpause.

Die beiden Merkmale Körperhöhe und BMI zeigen innerhalb aller Altersklassen bei beiden Geschlechtern eine tendenzielle Beziehung zum individuellen Stand der dentalen Entwicklung. Größere Kinder und Kinder mit einem größeren BMI als der Populationsdurchschnitt sind auch in ihrer Zahnentwicklung den gleichaltrigen Kindern voraus. Bei den männlichen Spätzählern ist dieser Trend auch umgekehrt zu beobachten. Die Zusammenhänge sind größtenteils nicht signifikant.

Bei den untersuchten drei Kopfmaßen (Kopfumfang, Kopflänge und Kopfbreite) zeigt sich ein deutlicher Trend der Spätzahner zu kleineren Werten. Dieser ist bei den Mädchen in fast allen Altersklassen signifikant. Die Frühzahner unterscheiden sich nicht vom Durchschnitt.

Der Vergleich der Transversalmaße des Gesichtes (Jochbogenbreite und Unterkieferwinkelbreite) ergibt nur geringe Unterschiede zwischen den Dentitionsgruppen. Es zeigt sich lediglich eine Tendenz zu unter dem Durchschnitt liegenden Werten bei den Spätzählern sowie zu überdurchschnittlich hohen Werten bei den Frühzählern, allerdings nicht in allen Altersklassen. Die Tendenz zu höheren Werten kann für die männlichen Frühzahner in der Hälfte der Altersklassen statistisch abgesichert werden.

Zwischen der vertikalen Gesichtsentwicklung (morphologische Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe) und dem Dentitionsverhalten werden für die Jenaer Kinder insbesondere bei den Mädchen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge festgestellt. Ein Trend wie bei den transversalen Maßen ist nur für die Jungen erkennbar.

Die Ergebnisse der multifaktoriellen Varianzanalyse bestätigen im wesentlichen die zum Zusammenhang von dentaler und körperlicher Entwicklung gemachten Aussagen. Für nahezu alle anthropologischen Merkmale (Ausnahme: morphologische Gesichtshöhe und Untergesichtshöhe der Mädchen) kann bei beiden Geschlechtern ein statistisch signifikanter Einfluß der Zugehörigkeit zu einer der Dentitionsgruppen auf die Gesamtvariation des Merkmals festgestellt werden.

Besonders auffallend ist das unterschiedliche Verhalten von Jungen und Mädchen bei den Kopf- und Gesichtsmaßen. Während bei den Mädchen ein (im Vergleich zu den Jungen) deutlich stärkerer Einfluß der Dentition auf die Kopfmaße zu beobachten ist und die Gesichtsentwicklung dagegen nahezu völlig unabhängig von der Dentition erfolgt, läßt sich bei den Jungen ein genau entgegengesetztes Verhalten feststellen.

Auch wenn unsere Untersuchungen auf Grund der geringen Probandenzahl bei den Spät- und Frühzählern nur tendenzielle Aussagen gestatten, erweist sich das Zahnalter insgesamt als geringer Einflußfaktor auf die körperliche Entwicklung und das Kopfwachstum. Vielmehr unterliegen sowohl die Dentition als auch das Kopf-, Gesichts- und Körperhöhenwachstum in unterschiedlichem Maße anderen Einflußfaktoren. Es kann geschlußfolgert werden, daß die Dentition weitestgehend unabhängig vom Stand der körperlichen Entwicklung abläuft.

Die vorliegende Arbeit stellt eine umfassende Untersuchung der Dentitionsvorgänge während der zweiten Wechselgebißphase dar. Anhand der systematischen Längsschnittbetrachtung über den gesamten Zeitraum dieser Phase der 2. Dentition gelingt es, präzise Aussagen über den individuellen Verlauf des Zahnwechsels im Seitenzahnbereich bei Jenaer Kindern zu machen, sowie die Entwicklung ausgewählter anthropologischer Merkmale probandenbezogen und auf der Grundlage unterschiedlicher individueller Entwicklungsstände der Dentition zu analysieren. Die multifaktorielle Varianzanalyse erwies sich dabei als eine probate Methode, um den Einfluß des Dentitionsstandes auf die Ausprägung bestimmter Merkmale der körperlichen Entwicklung unabhängig von deren altersgemäßen Entwicklung zu untersuchen.

Zukünftige Studien zum Einfluß der Dentition auf die körperliche und insbesondere die Kopf- und Gesichtsentwicklung sollten neben dem Zahnalter auch andere dentale Einflußfaktoren, wie das Vorhandensein bestimmter Dysgnathien, den Morbiditätsgrad des Gebisses und die Anzahl bereits in Okklusion stehender Zähne berücksichtigen und in die Untersuchungen einbeziehen. Dadurch wird eine noch umfassendere Beurteilung dieser Problematik möglich sein. Von Interesse erscheint es uns auch, dem beobachteten Trend der Übereinstimmung von dentalem Entwicklungsstand und Kopfwachstum sowie dem fehlenden Einfluß der Dentition auf die vertikale Gesichtsentwicklung bei den Mädchen in weiterführenden Untersuchungen nachzugehen.

## 8. Literaturverzeichnis

### **Adler, P.:**

Über den Einfluß protektiver, jedoch atoxischer Fluormengen im Trinkwasser auf den Zahndurchbruch, insbesondere auf den Wechsel der Seitenzähne.

In: ZMK in Vorträgen, Heft 9, Entwicklungsstörungen beim Zahnwechsel.

München: C. Hanser Verlag, 1952

### **Adler, P.:**

Korrigierte Tabellen zur Bestimmung des dentalen Alters nach dem Verfahren von Matiegka.

Dtsch. Zahn- Mund- Kieferheilkd. 27 (1957) 190 – 195

### **Adler, P.:**

Die Zahl der bleibenden Zähne in den einzelnen Lebensjahren während der Wechselgebissperiode.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 13 (1958) 1063 – 1066

### **Adler, P.:**

Der Geschlechtsunterschied im Zahnwechsel.

Dtsch. Zahn- Mund- Kieferheilkd. 31 (1959) 20 – 33

### **Adler-Hradecky, C.:**

Die Bestimmung des individuellen Zahnalters.

Z. Kinderheilkd. 82 (1959) 16 – 22

### **Adler-Hradecky, C.; Adler, P.:**

Die Eignung der Zahnzahl zur Bestimmung des individuellen dentalen Alters.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 13 (1958) 1300 – 1304

### **Alvesalo, L.:**

Sex chromosomes and human growth. A dental approach.

Hum. Genet. 101 (1997) 1 – 5

**Alvesalo, L.; Portin, P.:**

47, XXY males: sex chromosomes and tooth size.

Am. J. Hum. Genet. 32 (1980) 955 – 959

**Alvesalo, L.; Tammasilo, E.:**

Influence of sex chromosomes on tooth size determinations.

Am. J. Hum. Genet. 33 (1981) 464 – 469

**Anderson, D. L.; Thompson, G. W.; Popovitch, F.:**

Interrelationship of dental maturity, skeletal maturity, height and weight from age 4 to 14 years.

Growth 39 (1975) 453 – 462

**Anous, M. M.; Gruber, H.:**

The human growth process from infancy to maturity.

Clin. Plast. Surg. 17 (1990) 7 – 12

**Bambha, J. K.; van Natta, P.:**

Longitudinal study of facial growth in relation to skeletal maturation during adolescence.

Am. J. Orthod. 49 (1963) 481 – 493

**Bauer, G.:**

Über die Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne.

Med. Diss., Frankfurt/M. 1927

**Bauer, P.; Binder, K.; Bukovics, E.; Daimer, I.; Keresztesi, K.; Kleinert, W.; Scheiber, V.; Überhuber, C. W.; Westphal, G.; Wohlzogen, F. X.:**

Eruption bleibender Zähne in Gebieten mit niederem und hohem Fluoridgehalt des Trinkwassers.

Österr. Z. Stomatol. 71 (1974) 122 – 137 und 162 – 174

**Bazin, R.:**

Gebißentwicklung im Verhältnis zur skelettalen Entwicklung und zur Körperhöhe bei Frankfurter Schulkindern.

Med. Diss., Berlin 1991

**Becker, A.; Chaushu, S.:**

Dental age in maxillary canine ectopia.

Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 117 (2000) 657 – 662

**Bennholdt-Thomsen, C.:**

Über die Acceleration der Entwicklung der heutigen Jugend (Kritik ihrer auslösenden Momente).

Klin. Wochenschr. 17 (1938) 865 – 871

**Bernhard, W.; Glöckler, Ch.:**

Neuere Untersuchungen zur Frage der säkularen Akzeleration der zweiten Dentition.

Z. Morphol. Anthropol. 81 (1995) 111 – 123

**Bierich, J. R.:**

Erkrankungen der endokrinen Drüsen.

In: Hrsg. Harnack, von G.-A., Kinderheilkunde.

Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1971

**Björk, A.; Helm, S.:**

Prediction of the age of maximum puberal growth in body height.

Angle Orthod. 37 (1967) 134 – 143

**Björk, A.; Skieller, V.:**

Facial development and tooth eruption: An implant study at the age of puberty.

Am. J. Orthod. 62 (1972) 339 – 383

**Bolanos, M. V.; Manrique, M. C.; Bolanos, M. J.; Briones, M. T.:**

Approaches to chronological age assessment based on dental calcification.

Forensic Sci. Int. 110 (2000) 97 – 106

**Borgmann, P.:**

Chronologisches Alter, Knochenalter und Zahnalter – Eine Einheit?

Med. Diss., Hamburg 1980

**Broadbent et al. (1975), zitiert nach: Szilvassy, J.:**

Altersdiagnose am Skelett.

In: Hrsg. Knußmann, R., Anthropologie. 4. Aufl. Band 1 Kapitel 4

Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1988

**Brown, T.; Barrett, M. J.; Grave, K. C.:**

Facial growth and skeletal maturation at adolescence.

Tandlaegebladet 75 (1971) 1211 – 1222

**Cantu, G.; Buschang, P. H.; Gonzalez, J. L.:**

Differential growth and maturation in idiopathic growth-hormone-deficient children.

Eur. J. Orthod. 19 (1997) 131 – 139

**Cattell, P.:**

Dentition as a measure of maturity.

In: Harvard Monographs in Education No. 9

Cambridge: Harvard University Press, 1928.

**Cotte, F. W.:**

Über die Durchbruchszeiten der bleibenden Zähne bei Schulkindern in einem Gebiet südlich des Harzes.

Med. Diss., Göttingen 1935



**Czecholinski, J. A.; Kahl, B.; Schwarze, C. W.:**

Frühzeitiger Milchzahnverlust – reifer oder unreifer Durchbruch der bleibenden Nachfolger.  
Fortschr. Kieferorthop. 55 (1994) 54 – 60

**Dahlberg, G.; Maunsbach, A. B.:**

The eruption of the permanent teeth in a normal population of Sweden.  
Acta Genet. Stat. Med. 1 (1948) 77 – 91

**Daugaard-Jensen, J.; Nodal, M.; Skovgaard, L. T.; Kjaer, I.:**

Comparison of the pattern of agenesis in the primary and permanent dentitions in a population characterized by agenesis in the primary dentition.  
Int. J. Paediatr. Dent. 7 (1997) 143 – 148

**Davis, P. J.; Hägg, U.:**

The accuracy and precision of the „Demirjian System“ when used for age determination in Chinese children.  
Swed. Dent. J. 18 (1994) 113 – 116

**Demirjian, A.:**

Dentition.  
In: Falkner, F., Tanner, J. M., Human Growth. Kap. 15  
New York, London: Plenum Press, 1986

**Demirjian, A.; Goldstein, H.; Tanner, J. M.:**

A new system of dental age assessment.  
Hum. Biol. 45 (1973) 211 – 227

**Demirjian, A.; Buschang, P. H.; Tanguay, R.; Patterson, D. K.:**

Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental and sexual maturity.  
Am. J. Orthod. 88 (1985) 433 – 438

**Diesner, J.; Göbel, B.:**

Methode zur Altersbestimmung auf der Grundlage der Eruptionsfunktionen bleibender Zähne.

Med. Diss., Dresden 1979

**Duterloo, H. S.:**

Atlas der Gebißentwicklung.

Hannover: Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, 1992

**Enlow, D. H.:**

Handbuch des Gesichtswachstums.

Berlin, Chicago, London, Sao Paulo und Tokio: Quintessenz Verlag, 1989

**Eskeli, R.; Laine-Alava, M. T.; Hausen, H.; Pahkala, R.:**

Standards for permanent tooth emergence in Finnish children.

Angle Orthod. 69 (1999) 529 – 533

**Falkner, F.:**

Some introductory concepts of human growth: an Overview.

Acta Paediatr. Scand. Suppl. 39 (1985) 17 – 20

**Felgentreff, W.; Scheffler, D.; Zuhrt, E.; Zuhrt, R.:**

Entwicklungsbiologische und biostatistische Aspekte des Normbegriffs bei der ersten und zweiten Dentition.

Stomatol. DDR 27 (1977) 431 – 439

**Ferrario, V. F.; Sforza, C.; Poggio, C. E.; Schmitz, J. H.:**

Craniofacial growth: A three-dimensional soft-tissue study from 6 years to adulthood.

J. Craniofac. Genet. Dev. Biol. 18 (1998) 138 – 149

**Filipsson, R.:**

A new method for the assessment of dental maturity using the individual curve of number of erupted teeth.

Ann. Hum. Biol. 2 (1975) 13 – 24

**Filipsson, R.; Hall, K.:**

Prediction of adult height of girls from height at ages 6 – 10 and dental maturity.

Ann. Hum. Biol. 2 (1975) 355 – 363

**Filipsson, R.; Hall, K.:**

Correlation between dental maturity, height development and sexual maturation in normal girls.

Ann. Hum. Biol. 3 (1976) 205 – 210

**Fischer-Brandies, H.; Butenandt, O.:**

Odontometrische Studie über die Abhängigkeit von Zahn- und Körpergröße.

Fortschr. Kieferorthop. 49 (1988) 96 – 107

**Fleischer-Peters, A.; Ziegler, S.:**

Untersuchungen über Zahn-, Skelett- und Längenalter bei Patienten mit hypophysärem Minderwuchs.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 38 (1983) 776 – 784

**Fleshman, K.:**

Bone age determination in a paediatric population as an indicator of nutritional status.

Trop. Doct. 30 (2000) 16 – 18

**Flügel, B.; Greil, H.; Sommer, K.:**

Anthropologischer Atlas.

Berlin: Verlag Tribüne, 1986

**Fritsch, R.:**

Korrelationsuntersuchungen von maximalem Längenwachstum und Durchbruchzeit der  
Zwölfjahrmolaren mittels Handskelettröntgenaufnahmen.

Fortschr. Kieferorthop. 35 (1975) 173 – 182

**Fulton, J. T.; Price, B.:**

Longitudinal data on eruption and attack of the permanent teeth.

J. Dent. Res. 33 (1954) 65 – 79

**Gaethofs, M.; Verdonck, A.; Carels, C.; de Zegher, F.:**

Delayed dental age in boys with constitutionally delayed puberty.

Eur. J. Orthod. 21 (1999) 711 – 715

**Garn, S. M.; Lewis, A. B.; Polacheck, D. L.:**

Sibling similarities in dental development.

J. Dent. Res. 39 (1960) 170 – 175

**Garn, S. M.; Lewis, A. B.; Blizzard, R. M.:**

Endocrine factors in dental development.

J. Dent. Res. 44 (1965a) 243 – 258

**Garn, S. M.; Lewis, A. B.; Kerewsky, R. S.:**

Genetic, nutritional, and maturitional correlates of dental development.

J. Dent. Res. 44 (1965b) 228 – 242

**Gazi-Coklica, V.; Muretic, Z.; Brcic, R.; Kern, J.; Milicic, A.:**

Craniofacial parameters during growth from the deciduous to permanent dentition: A  
longitudinal study.

Eur. J. Orthod. 19 (1997) 681 – 689

**Graf, H.; Koch, E.-M.; Zellner, K.; Jaeger, U.:**

Alters- und geschlechtsspezifische Analyse von Zahn-, Kiefer- und Gesichtsmaßen bei Kindern mit regelrechten und nicht regelrechten Gebißbefunden.

Stomatol. DDR 32 (1982) 81 – 85

**Graudenz, E.:**

Die Akzeleration der zweiten Dentition unter Verhältnissen einer Großstadt im Jahre 1953/54.

Med. Diss., Berlin 1954

**Green, L. J.:**

The interrelationships among height, weight and chronological, dental and skeletal ages.

Angle Orthod. 31 (1961) 189 – 193

**Greulich, W. W.; Pyle, S. J.:**

Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist.

Stanford, California: Stanford University Press, 1959

**Grimm, H.:**

Bestimmung und Anwendung des sogenannten biologischen Alters.

Ärztl. Jugendkd. 69 (1978) 179 – 195

**Grivu, O.; Mechner, E.:**

Über störende Einflüsse auf die Entwicklung der Kiefer und Zähne im Wechselgebiß.

Stomatol. DDR 29 (1979) 293 – 297

**Gülzow, H. J.; Peters, R.:**

Zur Epidemiologie der Zahnunterzahl im bleibenden Gebiß.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 10 (1955) 545 – 549

**Gustafson, G.:**

Altersbestimmung an Zähnen.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 10 (1955) 1763 – 1768

**Hägg, U.; Taranger, J.:**

Maturation indicators and the pubertal growth spurt.

Am. J. Orthod. 82 (1982) 299 – 309

**Hagen, W.:**

Wachstum und Entwicklung von Schulkindern.

München: J. A. Barth Verlag, 1964

**Harzer, W.:**

A hypothetical model of genetic control of tooth-crown growth in man.

Arch. Oral Biol. 32 (1987) 159 – 162

**Harzer, W.; Ganzenberg, S.; Trojandt, A.:**

Längsschnittuntersuchungen zur ersten Wechselgebißperiode an 250 Dresdener Schulkindern.

Stomatol. DDR 34 (1984) 544 – 548

**Harzer, W.; Hetzer, G.:**

Zur Dentition permanenter Zähne - Längsschnittuntersuchungen an 250 Schulkindern zwischen dem 7. und 15. Lebensjahr.

Zahn- Mund- Kieferheilkd. 75 (1987) 779 – 785

**Harzer, W.; Ullmann, J.:**

Dentition und Kieferwachstum an 60 ein- und zweieiigen Zwillingen zwischen dem 10. und 18. Lebensjahr.

Fortschr. Kieferorthop. 51 (1990) 293 – 296

**Hausser, E.:**

Zur Problematik der Dentitionsstörungen.

Fortschr. Kieferorthop. 31 (1970) 3 – 8

**Hellman, M.:**

The phase of development concerned with erupting the permanent teeth.

Am. J. Orthod. Oral Surg. 29 (1943) 507 – 526

**Helm, S.:**

Relationship between dental and skeletal maturation in Danish schoolchildren.

J. Dent. Res. 98 (1990) 313 – 317

**Henke, W.:**

Untersuchungen über Dentitionsverschiebungen im bleibenden Gebiß.

Dtsch. Zahnärztebl. 14 (1960) 699

**Henke, W.:**

Untersuchungen über Dentitionsverschiebungen im bleibenden Gebiß. 2. Teil

Dtsch. Zahnärztebl. 15 (1961) 209

**Hennemann, K.; Holtgrave, E.-A.:**

Auswirkungen eines vorzeitigen Milchmolarenverlustes auf die nachfolgenden Prämolaren.

Fortschr. Kieferorthop. 50 (1989) 35 – 42

**Hespe, K.:**

Gibt es 1980 noch eine Akzeleration der zweiten Dentition in einer großstädtischen Bevölkerung?

Med. Diss., Frankfurt/M. 1983

**Hönicke, K.; Harzer, W.; Eckardt, L.:**

Zusammenhänge zwischen dem EMG-Erregungsmuster des Musculus masseter und der Gesichtsschädelmorphologie.

Fortschr. Kieferorthop. 56 (1995) 237 – 244

**Hunter, C. J.:**

The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence.

Angle Orthod. 36 (1966) 47 – 53

**Jaeger, U.:**

Biologischer Alterswandel bei Jenaer Schulkindern.

Pädiatr. Grenzgeb. 19 (1980) 401 – 413

**Jaeger, U.:**

Anthropologische Untersuchung von Kindern und Jugendlichen aus dem Jenaer Raum.

Med. Habil., Jena 1982

**Jaeger, U.:**

Ergebnisse anthropologischer Untersuchungen unter Berücksichtigung des Einflusses der säkularen Akzeleration und ausgewählter sozialer Faktoren auf das Wachstum und die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen aus dem Jenaer Raum.

Biol. Rdsch. 21 (1983) 293 – 307

**Jaeger, U.:**

Das Zahnalter in Abhängigkeit vom Stand ausgewählter physiologischer Entwicklungsparameter.

Dtsch. Stomatol. 40 (1990) 511 – 514

**Jaeger, U.; Zellner, K.; Kromeyer, K.:**

Ergebnisse Jenaer anthropologischer Schulkinderuntersuchungen zwischen 1880 und 1985.

Anthropol. Anz. 48 (1990) 239 – 245

**Jaeger, U.; Zellner, K.; Kromeyer-Hauschild, K.; Finke, L.; Bruchhaus, H.:**

Werden Kopfmaße von Umweltfaktoren beeinflusst?

Z. Morphol. Anthropol. 82 (1998) 59 – 66

**Jakobi, L.:**

Neue Erkenntnisse über das Gesichtswachstum in der Kindheit und Jugend.

Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961) 369 – 439



**Janson, I.:**

Die mittleren Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne des Menschen.

Med. Diss., München 1970

**Janson, G. R.; Martins, D. R.; Tavano, O.; Dainesi, E. A.:**

Dental maturation in subjects with extreme vertical facial types.

Eur. J. Orthod. 20 (1998) 73 – 78

**Janssen, J.; Laatz, W.:**

Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows.

Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1999

**Kahl, B.; Schwarze, W.:**

Aktualisierung der Dentitionstabelle von I. Schour und M. Massler von 1941.

Fortschr. Kieferorthop. 49 (1988) 432 – 433

**Kim, Y. K.; Kho, H. S.; Lee, K. H.:**

Age estimation by occlusal tooth wear.

J. Forensic Sci. 45 (2000) 303 – 309

**Klink-Heckmann, U.; Bredy, E.:**

Studienbücher Zahnheilkunde: Kieferorthopädie.

Leipzig, Heidelberg: J. A. Barth Verlag, 1990

**Knußmann, R.:**

Vergleichende Biologie des Menschen. Lehrbuch der Anthropologie und Humangenetik.

Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer Verlag, 1996

**Koch, E.-M.; Graf, H.; Jaeger, U.; Zellner, K.:**

Alters- und geschlechtsspezifische Analyse von Zahn-, Kiefer- und Gesichtsmaßen bei Kindern mit regelrechten und nicht regelrechten Gebißbefunden.

Stomatol. DDR 32 (1982) 32 – 36

**Kochhar, R.; Richardson, A.:**

The chronology and sequence of eruption of human permanent teeth in Northern Ireland.  
Int. J. Paediatr. Dent. 8 (1998) 243 – 252

**Korkhaus, G.:**

Biomechanische Gebiß- und Kieferorthopädie.  
In: Hrsg. Bruhn, von Chr., Handbuch der Zahnheilkunde Bd. 4.  
München: J. F. Bergmann Verlag, 1939, 1 – 742

**Koshy, S.; Tandon, S.:**

Dental age assessment: The applicability of Demirjian's method in South Indian children.  
Forensic Sci. Int. 94 (1998) 73 – 85

**Kotilainen, J.; Pirinen, S.:**

Dental maturity is advanced in Fragile X syndrome.  
Am. J. Med. Genet. 83 (1999) 298 – 301

**Krekmanova, L.; Carlstedt-Duke, J.; Brønnegard, M.; Marcus, C.; Gröndahl, E.:**

Dental maturity in children of short stature, with or without growth hormone deficiency.  
Eur. J. Oral Sci. 105 (1997) 551 – 556

**Kromeyer, K.:**

Theoretische Grundlagen für die Durchführung einer Längsschnittuntersuchung zur Erfassung metrischer und morphologischer Merkmale bei Personen im Alter von 4 – 16 Jahren.  
Math. Nat. Dipl., Jena 1984

**Kromeyer, K.; Wurschi, F.:**

Zahneruption bei Jenaer Kindern in der ersten Phase des Wechselgebisses.  
Anthropol. Anz. 54 (1996) 57 – 70

**Künecke, H. J.:**

Untersuchungen zur Korrelation von Zahn- und Skeletalter bei kieferorthopädischen Patienten.

Med. Diss., Erlangen 1981

**Künzel, W.:**

Querschnittsvergleich mittlerer Eruptionstermine permanenter Zähne bei Kindern in fluorarmen und kariesprotektiv optimierten Trinkwassergebieten.

Stomatol. DDR 26 (1976) 310 – 321

**Künzel, W.:**

Zur Abhängigkeit des Dentitionsverhaltens bleibender Zähne vom Milchzahnbestand.

Zahn- Mund- Kieferheilkd. 72 (1984) 411 – 419

**Kummer, B.:**

Funktionsabhängige Morphogenese des Gesichtsschädels.

Fortschr. Kieferorthop. 51 (1990) 49 – 56

**Lauterstein, A. M.:**

A cross-sectional study in dental development and skeletal age.

J. Am. Dent. Assoc. 62 (1961) 161 – 167

**Lee, C. F.; Proffit, W. R.:**

The daily rhythm of tooth eruption.

Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 107 (1995) 38 – 47

**Leimeister, E. W.:**

Dentition und Akzeleration: eine kritische Studie zur Beweisführung, dargestellt an deutschsprachigen Arbeiten.

Med. Diss., Berlin 1970

**Lewis, A. B.; Garn, S. M.:**

The relationship between tooth formation and other maturational factors.

Angle Orthod. 30 (1960) 70 – 77

**Lin, F.; Zhao, L.; Wise, G. E.:**

In vivo and in vitro effects of epidermal growth factor on its receptor gene expression in rat dental follicle cells.

Arch. Oral Biol. 41 (1996) 485 – 491

**Liversidge, H. M.; Speechly, T.; Hector, M. P.:**

Dental maturation in British children: are Demirjian's standards applicable?

Int. J. Paediatr. Dent. 9 (1999) 263 – 269

**Löhr, E.:**

Zur individuellen Variabilität der Dauer der zweiten Wechselgebissphase.

Fortschr. Kieferorthop. 55 (1994) 9 – 13

**Löhr, E.; Eismann, D.:**

Zur Variation der Reihenfolge des Seitenzahnwechsels.

Zahn- Mund- Kieferheilkd. 73 (1985) 442 – 447

**Maki, K.; Morimoto, A.; Nishioka, T.; Kimura, M.; Braham, R. L.:**

The impact of race on tooth formation.

J. Dent. Child. 66 (1999) 353 – 356

**Marks, S. C. Jr.:**

The basic and applied biology of tooth eruption.

Connect. Tissue Res. 32 (1995) 149 – 157

**Marks, S. C. Jr.; Schroeder, H. E.:**

Tooth eruption: Theories and facts.

Anat. Rec. 245 (1996) 374 – 393

**Martin, R.; Saller, K.:**

Lehrbuch der Anthropologie

Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1957

**Matthies, G.:**

Kann man von einer Beeinflussung der Dentition im Sinne der allgemeinen Akzeleration sprechen?

Med. Diss., Jena 1963

**Meredith, H. V.:**

Relation between the eruption of selected mandibular permanent teeth and the circumpuberal acceleration in stature.

J. Dent. Child. 26 (1959a) 75 – 78

**Meredith, H. V.:**

A longitudinal study of growth in face depth during childhood.

Am. J. Phys. Anthropol. 17 (1959b) 125 – 135

**Meredith, H. V.:**

Changes in form of the head and face during childhood.

Growth 24 (1960) 215 – 264

**Miles (1963), zitiert nach: Szilvassy, J.:**

Altersdiagnose am Skelett.

In: Hrsg. Knußmann, R., Anthropologie. 4. Aufl. Band 1 Kapitel 4

Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1988

**Mochizuki, M.; Hasegawa, K.; Machida, Y.:**

A longitudinal study of the development of crowded dental arch.

Bull. Tokyo Dent. Coll. 39 (1998) 41 – 46

**Moore, R. N.; Moyer, B. A.; Du Bois, L. M.:**

Skeletal maturation and craniofacial growth.

Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 98 (1990) 33 – 40

**Muretic, Z.; Lapter, V.; Percac, H.; Skrinjaric, I.:**

Variationen der ossealen, dentalen und somatischen Entwicklung bei Zwillingen.

Fortschr. Kieferorthop. 48 (1987) 390 – 396

**Nadler, G. L.:**

Earlier dental maturation: Fact or fiction?

Angle Orthod. 68 (1998) 535 – 538

**Nakchbandi, I. A.; Weir, E. E.; Insogna, K. L.; Philbrick, W. M.; Broadus, A. E.:**

Parathyroid hormone-related protein induces spontaneous osteoclast formation via a paracrine cascade.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97 (2000) 7296 – 7300

**Nanda, R. S.:**

Eruption of human teeth.

Am. J. Orthod. 46 (1960) 363 – 378

**Nanda, R. S.; Meng, H.; Kapila, S.; Goorhuis, J.:**

Growth changes in the soft tissue facial profile.

Angle Orthod. 60 (1990) 177 – 190

**Nenninger, H.:**

Zur Physiologie des Zahndurchbruchs.

Fortschr. Kieferorthop. 38 (1977) 312 – 322

**Nolla, C.:**

The development of the permanent teeth.

J. Dent. Child. 27 (1960) 254 – 266

**Nykänen, R.; Espeland, L.; Kvaal, S. I.; Krogstad, O.:**

Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children.

Acta Odontol. Scand. 56 (1998) 238 – 244

**Nyström, M.; Pech, L.; Kleemola-Kujala, E.; Eevahtti, M.; Kataja, M.:**

Age estimation in small children: reference values based on counts of deciduous teeth in Finns.

Forensic Sci. Int. 110 (2000) 179 – 188

**Oster, H.:**

Hat die Akzeleration auch das Schädelwachstum unserer Kinder verändert?

Kinderärztl. Prax. 12 (1964) 545 – 552

**Ostermeier, M.:**

Untersuchungen zur Genauigkeit verschiedener Methoden der Zahnalterbestimmung.

Med. Diss., Erlangen 1985

**Paracuchi, G.; Renda, G.; Vitale, S.:**

Variationen der Chronologie des Durchbruchs der ersten bleibenden Molaren und der Schneidezähne.

Fortschr. Kieferorthop. 31 (1970) 225 – 229

**Pelsmaekers, B.; Loos, R.; Carels, C.; Derom, C.; Vlietinck, R.:**

The genetic contribution to dental maturation.

J. Dent. Res. 76 (1997) 1337 – 1340

**Philbrick, W. M.; Dreyer, B. E.; Nakchbandi, I. A.; Karaplis, A. C.:**

Parathyroid hormone-related protein is required for tooth eruption.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95 (1998) 11846 – 11851

**Plathner, C. H.:**

Pathologie der Dentitionen.

In: Pilz, W.; Plathner, C. H.; Taatz, H., Grundlagen der Kariologie und Endodontie.

Leipzig: J. A. Barth Verlag, 1968

**Prader, A.:**

Physiologisches, pathologisches und manipuliertes Körperwachstum.

Monatsschr. Kinderheilkd. 134 (1986) 292 – 301

**Que, B. G.; Lumpkin, S. J.; Wise, G. E.:**

Implications for tooth eruption of the effect of interleukin-1alpha on nuclear factor-kappaB gene expression in the rat dental follicle.

Arch. Oral Biol. 44 (1999) 961 – 967

**Riedel, A.:**

Untersuchung entwicklungsbedingter Veränderungen verschiedener Zahn- und Kiefermaße zu Beginn und während der zweiten Phase der zweiten Dentition bei Jenaer Schulkindern im Alter von 9,5 bis 12 Jahren.

Med. Diss., Jena 1998

**Risinger, R. K.; Trentini, C. J.; Paterson, R. L.; Proffit, W. R.:**

The rhythms of human premolar eruption: A study using continuous observation.

J. Am. Dent. Assoc. 127 (1996) 1515 – 1521

**Rönnermann, A.:**

The effect of early loss of primary molars on tooth eruption and space conditions: a longitudinal study.

Acta Odont. Scand. 35 (1977) 229 – 239

**Röse, C.:**

Über die mittlere Durchbruchzeit der bleibenden Zähne des Menschen.

Dtsch. Monatsschr. Zahnheilkd. 27 (1909) 553 – 570



**Roth, P.; Hirschfelder, U.:**

Zahnunterzahl bei Anlage aller vier Weisheitszähne.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 45 (1990) 267 – 269

**Sälzler, A.:**

Ursachen und Erscheinungsformen der Akzeleration.

Berlin: Verlag Volk und Gesundheit, 1967

**Salzmann, J. A.:**

General growth acceleration and retardation in relation to dentofacial development.

Am. J. Orthod. 40 (1954) 243 – 258

**Saunders (1837), zitiert nach: Berten, J.:**

Über die chronologische Reihenfolge des Durchbruchs bleibender Zähne.

Dtsch. Monatsschr. Zahnheilkd. 13 (1895) 266 – 279

**Schäfer, B.:**

Längsschnittuntersuchungen der Schädel-Gebiß-Entwicklung vom 6. zum 15. Lebensjahr mit regelrechter Okklusion (Eine fernröntgenologische Untersuchung).

Med. Diss., Rostock 1977

**Schnegg, W.:**

Untersuchungen zur Bestimmung der Durchbruchszeiten der zweiten Dentition mit Mittel- und Streuwerten.

Med. Diss., München 1969

**Schneider, C.:**

Läßt sich eine Veränderung der Dentition im Zusammenhang mit der Akzeleration nachweisen?

Med. Diss., Jena 1962

**Schols, J.; van der Linden, F.:**

Dentitionsveränderungen im Zusammenhang mit dem Gesichtswachstum in der Adoleszenz.  
Inf. Orthod. Kieferorthop. 20 (1988) 95 – 109

**Schopf, P.:**

Die Bedeutung des skelettalen und dentalen Alters für die Auswahl des kieferorthopädischen Behandlungssystems.

Fortschr. Kieferorthop. 45 (1984) 24 – 32

**Schour, I.; Massler, M.:**

The development of the human dentition.

J. Am. Dent. Assoc. 28 (1941) 1153 – 1160

**Schützmannsky, G.:**

Akzeleration und Zahndurchbruch.

Dtsch. Stomatol. 7 (1957) 404 – 408

**Schumacher, G. H.; Schmidt, H.:**

Anatomie und Biochemie der Zähne.

Berlin: Verlag Volk und Gesundheit, 1982

**Seichter, U.; Lange, W.; Pfähr, E.; Schübel, F.:**

Untersuchungen an 5899 Düsseldorfer Schulkindern über den Ablauf der zweiten Dentition  
– eine statistische Erhebung.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 35 (1980) 291 – 293

**Shroff, B.; Kashner, J. E.; Keyser, J. D.; Hebert, C.; Norris, K.:**

Epidermal growth factor and epidermal growth factor-receptor expression in the mouse dental follicle during tooth eruption.

Arch. Oral Biol. 41 (1996) 613 – 617

**Shuper, A.; Sarnat, H.; Mimouni, F.; Mimouni, M.; Varsano, I.:**

Deciduous tooth eruption in Israeli children: A cross-sectional study.

Clin. Pediatr. 24 (1985) 342 – 344

**Shuttleworth, F. K.:**

The physical and mental growth of girls and boys age six to nineteen in relation to age of maximum growth.

Monogr. Soc. Res. Child Dev. 4 (1939) 1 – 291

**Sinclair, P. M.; Little, R. M.:**

Dentofacial maturation of untreated normals.

Am. J. Orthod. 88 (1985) 146 – 156

**Snodell, S. F.; Nanda, R. S.; Currier, G. F.:**

A longitudinal cephalometric study of transversal and vertical craniofacial growth.

Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 104 (1993) 471 – 483

**Sturdivant, J. E.; Knott, V. B.; Meredith, H. V.:**

Interrelations from serial data for eruption of the permanent dentition.

Angle Orthod. 32 (1962) 1 – 5

**Szilvassy, J.:**

Altersdiagnose am Skelett.

In: Hrsg. Knußmann, R., Anthropologie. 4. Aufl. Band 1 Kapitel 4

Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1988

**Szymanski, B.; Hieke, M.:**

Zur Geschichte der Dentitionsforschung unter dem Gesichtspunkt der Entwicklungsdiagnostik.

Ärztl. Jugendkd. 72 (1981) 304 – 326

**Tanguay, R.; Buschang, P. H.; Demirjian, A.:**

Sexual dimorphism in the emergence of deciduous teeth: Its relationship with growth components in height.

Am. J. Phys. Anthropol. 69 (1986) 511 – 515

**Tanner, J. M.:**

Wachstum und Reifung des Menschen.

Stuttgart: Thieme Verlag, 1962

**Tanner, J. M.:**

The measurement of maturity.

Trans. Eur. Orthod. Soc. (1975) 45 – 60

**Tanner, J. M.:**

Wachstum und Reifung der Kinder.

In: Hrsg. Gupta, D., Endokrinologie der Kindheit und Adoleszenz.

Stuttgart: Thieme Verlag, 1986, 421 – 464

**Teivens, A.; Mörnstad, H.; Reventlid, M.:**

Individual variation of tooth development in Swedish children.

Swed. Dent. J. 20 (1996) 87 – 93

**Tins, V.; Keil, J.:**

Durchbruchsmuster der bleibenden Eckzähne und Prämolaren bei regelrechten Gebissen und bei Dysgnathien.

Med. Dipl., Rostock 1983

**Ubelaker** (1978), zitiert nach: **Szilvassy, J.:**

Altersdiagnose am Skelett.

In: Hrsg. Knußmann, R., Anthropologie. 4. Aufl. Band 1 Kapitel 4

Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1988

**Unglaube, A.:**

Die normalen Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne.

Dtsch. Monatsschr. Zahnheilkd. 42 (1924) 382 – 390

**Vallejo-Bolanos, E.; Espana-Lopez, A. J.; Munoz-Hoyos, A.; Fernandez-Garcia, J. M.:**

The relationship between bone age, chronological age and dental age in children with isolated growth hormone deficiency.

Int. J. Paediatr. Dent. 9 (1999) 201 – 206

**van der Linden, F. P. G. M.:**

Gesichtswachstum und faziale Orthopädie.

Berlin, Chicago, London, Sao Paulo und Tokio: Quintessenz Verlag, 1984

**van Spronsen, P. H.; Koolstra, J. H.; van Ginkel, F. C.; Weijs, W. A.; Valk, J.;  
Prah-Andersen, B.:**

Relationship between the orientation and moment arms of the human jaw muscles and normal craniofacial morphology.

Eur. J. Orthod. 19 (1997) 313 – 328

**Varpio, M.; Wellfelt, B.:**

Disturbed eruption of the lower second molar: clinical appearance, prevalence, and etiology.

J. Dent. Child. 55 (1988) 114 – 118

**Weise, W.:**

Beitrag zur Variation der Dentition.

Fortschr. Kieferorthop. 31 (1970) 17 – 26

**Wetterau, G.:**

Gibt es 1980/81 noch eine Akzeleration der zweiten Dentition in einer mittelstädtischen Bevölkerung?

Med. Diss., Frankfurt/M. 1983

**Wise, G. E.:**

The biology of tooth eruption.

J. Dent. Res. 77 (1998) 1576 – 1579

**Wise, G. E.; Huang, H.; Que, B. G.:**

Gene expression of potential tooth eruption molecules in the dental follicle of the mouse.

Eur. J. Oral Sci. 107 (1999) 482 – 486

**Wise, G. E.; Lin, F.:**

Regulation and lokalization of colony-stimulating factor-1mRNA in cultured rat dental follicle cells.

Arch. Oral Biol. 39 (1994) 621 – 627

**Wise, G. E.; Zhao, L.; Lin, F.:**

Effects of epidermal growth factor (EGF) and colony-stimulating factor-1 (CSF-1) on expression of c-fos in rat mandibular molars: implications for tooth eruption.

Cell Tissue Res. 284 (1996) 1 – 7

**Wurschi, F.:**

Vergleichende Untersuchungen zur Dentition an Jenaer Kindern und deren Beziehung zu körperlichen Wachstumsvorgängen.

Med. Diss., Jena 1993

**Zellner, K.:**

Zur Variabilität anthropologischer Merkmale des Kopfes bei Kindern und Jugendlichen aus dem Jenaer Raum.

Math. Nat. Diss., Jena 1983

**Zellner, K.:**

Veränderung der Kopflänge, der Kopfbreite und des Längen-Breiten-Index bei Jenaer Schulkindern in den Jahren zwischen 1944 und 1975.

Ärztl. Jugendkd. 73 (1982) 233 – 239

**Zellner, K.; Bach, H.:**

Zum Problem der säkularen Akzeleration von Kopfmaßen bei Jenaer Schulkindern.

Ärztl. Jugendkd. 76 (1985) 9 – 20

**Zellner, K.; Jaeger, U.; Kromeyer-Hauschild, K.:**

Das Phänomen der Debrachykephalisation bei Jenaer Schulkindern.

Anthropol. Anz. 56 (1998) 301 – 312

**Zellner, K.; Kromeyer-Hauschild, K.; Stadler, J.; Jaeger, U.:**

Ergebnisse der Untersuchung ausgewählter Kopfmaße bei Jenaer Kindern.

Anthropol. Anz. 57 (1999) 147 – 163

## Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich ehrenwörtlich, daß

mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Herr Prof. Dr. U. Jaeger, Frau Dr. K. Kromeyer-Hauschild

(Institut für Humangenetik und Anthropologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena)

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde, und Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung von mir nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht wurde.

Salach, den 01.11.2000

Mike Porsche



## Lebenslauf

Name: Porsche, Mike

Geburtsdatum: 31.07.1966

Geburtsort: Görlitz

Wohnung: Heubühlstraße 10, 73084 Salach

Schulbildung: 1973-1983 Polytechnische Oberschule Berthelsdorf  
1983-1985 Erweiterte Oberschule Löbau  
1985 Abitur

Wehrdienst: 1985-1988

Studium: Studium der Zahnmedizin  
1988-1990 Friedrich-Schiller-Universität Jena  
1990-1993 Medizinische Akademie Dresden  
1993 Staatsexamen Zahnmedizin

Approbation: 01.09.1993

Berufliche Tätigkeit: 1993-1995 Vorbereitungsassistent in  
87600 Kaufbeuren  
1995-1998 angestellter Zahnarzt in  
87616 Marktoberdorf  
seit 1998 niedergelassener Zahnarzt in einer Gemeinschaftspraxis  
in 73084 Salach

Salach, den 01.11.2000

Mike Porsche

## Danksagung

Für die Überlassung des Themas sowie die wertvolle Anleitung und Unterstützung beim Erstellen dieser Arbeit möchte ich mich sehr herzlich bei Herrn Professor Dr. U. Jaeger bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. K. Kromeyer-Hauschild für ihre entgegenkommende Betreuung sowie ihre zahlreichen Anregungen und konstruktiven Hinweise beim Bearbeiten des Themas.

An dieser Stelle möchte ich auch den anderen Mitarbeitern des Institutes für Humangenetik und Anthropologie, insbesondere Herrn Dr. Zellner und Frau Hohmann, für ihre freundliche Hilfe während meiner mehrtägigen Arbeitsaufenthalte am Institut danken.

Zuletzt möchte ich nicht versäumen, auch meiner Familie und allen Freunden für ihr Verständnis während der Zeit, in der ich an dieser Dissertation arbeitete, herzlich Dank zu sagen.